

电子工业技术词典

自动控制与遥控遥测

国防工业出版社

R
73.6072
174.18

电子工业技术词典

自动控制与遥控、遥测

《电子工业技术词典》编辑委员会 编

1525/17



内 容 简 介

《电子工业技术词典》是在一九六四年出版的《无线电工业技术词典》(试用本)的基础上作了较大修改和增补而编写的。本《词典》是一本为广大工农兵和干部提供的深入浅出、简明实用的工具书。它也可供从事某个具体专业的科技人员在了解电子工业整个领域的全貌、扩大知识面时参考。

本《词典》共有三十四章。正文中各词汇后附有英文对照,书末附有英文索引,合订本中还附有汉字笔画索引。在出版合订本之前,将先分册出版。各分册所包括的章节内容和出版先后次序,将视具体情况而定。

本分册是《词典》第二十章自动控制与遥控、遥测的内容,它包括:自动控制,遥控,遥测,遥控、遥测应用举例等四节。

电子工业技术词典

自动控制与遥控、遥测

《电子工业技术词典》编辑委员会 编

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张 5¹/₄ 105千字

1977年1月第一版 1977年1月第一次印刷 印数:00,001—26,000册

统一书号:17034·29-26 定价:0.59元

前 言

《电子工业技术词典》是在无产阶级文化大革命伟大胜利的鼓舞下，在学习无产阶级专政理论的热潮中，在电子工业发展的新形势下出版的。它是在一九六四年出版的《无线电工业技术词典》（试用本）的基础上编写的。

原《词典》自发行以来，曾受到广大读者的欢迎，为宣传、普及、推广电子技术知识起了一定的作用。十多年来，在毛主席革命路线的指引下，我国电子工业已有很大的发展，生产规模不断扩大，技术水平迅速提高，技术队伍日益壮大，电子技术的推广应用已引起国民经济各部门的重视，并在社会主义革命和社会主义建设中发挥出作用。目前，电子工业已成为国民经济的一个组成部分，电子工业战线的广大职工正在为实现第四届全国人民代表大会提出的宏伟目标而努力奋斗。为适应这一大好形势，更好地为无产阶级政治服务，为工农兵服务，为社会主义服务，我们对原《词典》进行了一次较大的修改和增补。内容力求反映七十年代电子技术的水平，释文尽量做到简明、通俗。目的是为了向要求对电子工业技术有一般常识的广大工农兵和干部提供一本实用的工具书；同时也可供从事某个具体专业的科技人员在了解电子工业整个领域的全貌和扩大知识面时参考。

本《词典》共分三十四章。其目录如下：

- | | |
|-----------------|-------------|
| 一、电工基础； | 二、基本电子线路； |
| 三、网络分析与综合； | 四、电波传播与天线； |
| 五、信息论； | 六、电阻、电容与电感； |
| 七、厚薄膜电路； | 八、磁性材料与器件； |
| 九、电子陶瓷与压电、铁电晶体； | 十、机电组件； |
| 十一、电线与电缆； | 十二、电子管； |
| 十三、半导体； | 十四、电源； |
| 十五、其它元器件； | 十六、通信； |

32592

十七、广播与电视；

十九、导航；

二十一、电子对抗；

二十三、系统工程；

二十五、微波技术；

二十七、红外技术；

二十九、电声；

三十一、声纳；

三十三、电子测量技术与设备；

十八、雷达；

二十、自动控制与遥控、遥测；

二十二、电子计算机；

二十四、电子技术的其它应用；

二十六、显示技术；

二十八、激光技术；

三十、超声；

三十二、专用工艺设备与净化技术；

三十四、可靠性。

各章互有联系，并尽量避免章节间词汇的重复，故每章只有一定的系统性。正文前有章节和词汇目录，正文中各词汇后附有英文对照，最后附有汉字笔画索引与英文索引。本《词典》将先分册出版，各分册所包含的章节内容和出版先后次序将视具体情况而定。各分册无汉字笔画索引。

本《词典》的编写工作，自始至终是在毛主席革命路线的指引下，在党的领导下进行的。贯彻了“独立自主，自力更生”的伟大方针，坚持了群众路线，实行了工人、干部、科技人员和生产、科研、教学三个结合，以及理论联系实际的原则。《电子工业技术词典》本身就是广大群众集体智慧的结晶。它的编写过程也反映了无产阶级文化大革命后我国出版战线上的新气象。

由于我们水平有限，加上时间仓促，虽然作了很大努力，但《词典》中还可能存在不少错误和不妥之处，恳请广大读者及时批评指正。

《电子工业技术词典》编辑委员会

一九七五年十月一日

目 录

一、自 动 控 制

自动控制·····	20-1	静态精度·····	20-10
自动控制系统·····	20-1	动态精度·····	20-10
自动调节·····	20-2	开环控制·····	20-10
自动调节系统·····	20-2	前馈控制·····	20-11
反馈·····	20-3	闭环控制·····	20-11
反馈控制系统·····	20-3	定值调节·····	20-11
被控对象·····	20-3	程序调节系统·····	20-11
输入量·····	20-3	程序控制·····	20-12
输出量·····	20-3	随动系统·····	20-12
被控制量·····	20-3	断续控制系统·····	20-12
被调量·····	20-4	脉冲系统·····	20-12
控制量·····	20-4	采样控制系统·····	20-12
调节量·····	20-4	串级控制系统·····	20-12
干扰·····	20-4	自治调节·····	20-13
随机干扰·····	20-4	多回路控制系统·····	20-13
对象数学模型·····	20-4	多参数系统·····	20-13
传递函数·····	20-4	自适应控制系统·····	20-14
频率特性·····	20-5	整定·····	20-14
脉冲过渡函数·····	20-5	自整定系统·····	20-14
单位过渡函数·····	20-5	极值控制系统·····	20-14
稳定性·····	20-6	自寻最佳点控制·····	20-15
稳定准则·····	20-6	目标函数·····	20-15
频率准则·····	20-6	最优控制·····	20-15
稳定裕量·····	20-7	快速最优控制系统·····	20-15
根轨迹·····	20-8	极大值原理·····	20-15
相轨迹·····	20-8	控制算法·····	20-15
给定值·····	20-9	自学习系统·····	20-16
品质指标·····	20-9	过程控制·····	20-16
超调量·····	20-10	计算机控制系统·····	20-16
衰减度·····	20-10	数字控制·····	20-16
过渡过程时间·····	20-10	直接数字控制系统·····	20-16

监督控制系统·····	20-17	可控硅装置·····	20-23
计算机整定点控制系统·····	20-17	执行机构·····	20-23
分级控制系统·····	20-17	调节阀·····	20-23
集中检测系统·····	20-18	巡回检测装置·····	20-23
自动化技术工具·····	20-18	工业自动化·····	20-24
敏感元件·····	20-18	化工生产过程自动化·····	20-24
工业测量仪表·····	20-18	炼油生产过程自动化·····	20-24
过程控制仪表·····	20-19	油、气田自动化·····	20-25
电子单元组合仪表·····	20-19	油罐区自动化·····	20-25
变送器·····	20-19	冶金生产自动化·····	20-25
电-气转换器·····	20-19	选矿生产过程自动化·····	20-26
气-电转换器·····	20-20	烧结厂自动化·····	20-26
标度变换器·····	20-20	高炉自动化·····	20-27
调节器·····	20-20	转炉自动化·····	20-27
比例调节器·····	20-20	轧钢自动化·····	20-28
比例-积分调节器·····	20-20	带钢热轧机计算机控制·····	20-28
比例-积分-微分调节器·····	20-20	电力系统自动化·····	20-28
比例度·····	20-21	有功功率和频率的自动调整·····	20-28
积分时间·····	20-21	无功功率和电压的自动调整·····	20-28
微分时间·····	20-21	电力系统安全控制·····	20-29
控制装置·····	20-22	水电站自动化·····	20-29
两位控制器·····	20-22	火电站自动化·····	20-29
半比例控制·····	20-22	数字程序控制机床·····	20-29
比例-积分、比例-微分控制·····	20-22	群控·····	20-30
动态补偿装置·····	20-22	自动线·····	20-30
非线性反馈装置·····	20-22	铁路编组站自动化·····	20-30
最佳点调节器·····	20-22	铁路行车指挥自动化系统·····	20-31
顺序控制装置·····	20-23		

二、遥 控

遥控·····	20-32	执行端·····	20-33
遥调·····	20-32	监测系统·····	20-33
远动技术·····	20-32	指令产生器·····	20-33
指令遥控·····	20-32	遥控指令·····	20-33
指令遥控系统·····	20-32	指令信号·····	20-33
遥控站·····	20-33	连续指令·····	20-34
遥控主控站·····	20-33	指令系数·····	20-34
遥控副控站·····	20-33	断续指令·····	20-34

一次指令·····	20-34	指令接收机选择逻辑·····	20-38
单音指令·····	20-34	指令监测接收机·····	20-38
多音指令·····	20-34	互相关指令接收机·····	20-38
数字指令·····	20-34	自相关指令接收机·····	20-38
时间程序指令·····	20-34	同步跟踪天线·····	20-38
实时指令·····	20-34	程序跟踪天线·····	20-38
预警指令·····	20-34	时分指令同步方式·····	20-38
执行指令·····	20-35	硬性同步·····	20-39
虚假指令·····	20-35	循环同步·····	20-39
指令容量·····	20-35	按步同步·····	20-39
指令时延·····	20-35	指令单发方式·····	20-39
最小指令间隔·····	20-35	指令重发方式·····	20-39
指令结构·····	20-35	指令连发方式·····	20-39
指令长度·····	20-35	指令隐蔽发送方式·····	20-39
遥控编码·····	20-35	故障切换·····	20-39
指令码·····	20-35	反馈比对指令遥控系统·····	20-39
信息码·····	20-35	自适应指令接收技术·····	20-40
前导码·····	20-35	被控端·····	20-40
同步码·····	20-35	执行设备·····	20-40
地址码·····	20-36	执行逻辑·····	20-40
开门码·····	20-36	制导·····	20-40
保密码·····	20-36	主动段制导·····	20-40
执行码·····	20-36	被动段制导·····	20-40
副比特码·····	20-36	指令制导·····	20-40
频率码·····	20-36	波束制导·····	20-41
译码矩阵·····	20-36	寻的制导·····	20-41
编码矩阵·····	20-36	自动导引·····	20-41
指令监控台·····	20-36	主动寻的制导·····	20-41
目力监测系统·····	20-37	半主动寻的制导·····	20-41
电视监测系统·····	20-37	被动寻的制导·····	20-42
雷达监测系统·····	20-37	自主制导·····	20-42
导航监测系统·····	20-37	组合制导·····	20-42
遥测监测系统·····	20-37	有线制导·····	20-42
测试编码器·····	20-37	无线电制导·····	20-43
指令监视译码器·····	20-37	红外制导·····	20-43
指令传输设备·····	20-37	激光制导·····	20-43
指令发射机·····	20-38	音响制导·····	20-43
指令接收机·····	20-38	地磁制导·····	20-43

无线电引信·····	20-43	制导系统惯性·····	20-46
飞行路线·····	20-43	导引误差·····	20-46
追逐曲线法·····	20-44	导弹控制回路与稳定回路·····	20-46
直接瞄准法·····	20-44	自动驾驶仪·····	20-46
平行接近法·····	20-44	陀螺仪·····	20-46
比例导航法·····	20-45	位置陀螺·····	20-46
三点法·····	20-45	速率陀螺·····	20-46

三、遥 测

遥测·····	20-47	主帧·····	20-54
遥信·····	20-47	副帧·····	20-54
遥测系统·····	20-47	帧频率·····	20-54
遥测参数·····	20-47	帧格式·····	20-54
容量·····	20-47	二进制码·····	20-54
抗干扰度·····	20-48	二进制码形式·····	20-54
交叉干扰·····	20-48	遥测编码·····	20-55
路际干扰·····	20-48	差错控制·····	20-55
精度·····	20-48	数据压缩·····	20-56
系统误差·····	20-48	码组·····	20-56
随机误差·····	20-49	编码基数·····	20-57
频分制遥测系统·····	20-49	码位·····	20-57
时分制遥测系统·····	20-50	码速率·····	20-57
脉冲编码遥测系统·····	20-50	帧同步·····	20-57
副载波·····	20-51	帧同步码·····	20-57
副载波调制器·····	20-51	副帧同步码·····	20-57
线性相加器·····	20-51	伪随机码·····	20-57
副载波解调器·····	20-51	帧同步逻辑·····	20-57
脉冲调制·····	20-51	模/数转换·····	20-58
采样·····	20-52	数/模转换·····	20-58
采样频率·····	20-52	时钟·····	20-58
量化·····	20-52	载波跟踪回路·····	20-58
量化误差·····	20-53	副载波跟踪回路·····	20-58
时间划分开关·····	20-53	相位误差·····	20-58
交换子·····	20-53	相位模糊·····	20-59
主时分开关·····	20-53	多次调制·····	20-59
副时分开关·····	20-54	复合调制·····	20-59
超倍采样·····	20-54	输入设备·····	20-59
帧·····	20-54	传感器·····	20-59

变换器·····	20-60	实时数据处理·····	20-62
遥测终端设备·····	20-60	事后数据处理·····	20-62
数据记录设备·····	20-60	数据事后快速处理·····	20-63
数据显示设备·····	20-60	数据最终处理·····	20-63
速记记录·····	20-60	实时数据传输·····	20-63
笔式自动记录仪·····	20-60	实时显示·····	20-63
振子记录示波器·····	20-60	遥测数据处理专用机·····	20-63
紫外线记录仪·····	20-61	遥测数据处理专用语言·····	20-63
电子示波器摄影记录·····	20-61	数据剪辑·····	20-63
点式记录·····	20-61	遥测设备的校准·····	20-63
线式记录·····	20-61	时统·····	20-64
直接记录·····	20-62	电路质量自动检查设备·····	20-64
调频记录·····	20-62	可编程序遥测·····	20-64
饱和记录·····	20-62	存储程序遥测·····	20-64
数字磁带记录器·····	20-62	存储逻辑遥测·····	20-64
检前磁记录器·····	20-62	自适应遥测·····	20-64
数据处理设备·····	20-62	分集遥测·····	20-64

四、遥控、遥测应用举例

分散型目标运动系统·····	20-65	姿态调整指令遥控·····	20-68
电力网运动系统·····	20-65	回收遥控·····	20-68
电力系统运行数据的遥测与处理·····	20-65	安全遥控设备·····	20-68
输油和输气管线监控系统·····	20-65	发动机关车控制·····	20-68
城市公用事业监控系统·····	20-66	再入遥测·····	20-68
铁路调度集中系统·····	20-66	再入段遥控·····	20-68
地下铁道遥控遥测系统·····	20-66	俯冲控制·····	20-69
电视发射台遥控遥测系统·····	20-67	等高控制·····	20-69
无线电遥测自动气象站·····	20-67	无人驾驶飞机·····	20-69
医用遥测·····	20-67	无人侦察机·····	20-69
空间遥测·····	20-67	遥控战斗机·····	20-69
卫星轨道控制·····	20-68	遥控靶艇·····	20-69
同步定点控制·····	20-68		

一、自动控制

自动控制

automatic control

自动控制是指在无人直接参加的情况下,采用自动化装置对控制信号进行测量、变换、传递和计算,并用来控制被控对象(如机器或生产过程),使被控对象达到预定的运动状态或具有所要求的控制功能。

自动控制的基本内容包括自动控制理论、自动控制工具及其应用。

自动控制理论发展初期,主要是以反馈理论为基础的自动调节原理,随着工业生产和科学技术的发展,它已发展成为一门独立的学科——控制论。现代控制理论比古典理论有了很大的发展。

自动控制技术工具,最初是以机械、气动、液压等类型为主;五十年代后,逐步发展为电动、电子式的了,气动、液压以及射流技术也有所发展。自动控制工具一般是机电式、气动、液压式和电子式的混合系统。

自动控制的应用非常广泛。从用一个继电器控制水槽的水位,到采用大量电子、机电设备组成一个复杂系统来控制电力、化工等生产过程;从设计一个锁相回路到设计飞行器的遥控、遥测系统,都离不开自动控制技术。因此,自动控制技术在工农业生产及国防上都有着广泛的应用。

自动控制系统

automatic control system

它是指由被控对象和控制装置所构成的、能够对被控对象的工作状态进行自动控制的系统。控制装置和被控对象之间的相互联系和相互作用,构成了自动控制系统的运动。自动控制系统的运动可以用数学方法来

描述(即数学模型),亦可用电子计算机(数字机及模拟机)进行数学模拟,或将计算机与部分实际自动装置进行半实物模拟。要使一个自动控制系统能正常工作,必须使系统满足一定的要求:如必须稳定;满足静态精度、动态精度、过渡过程品质等要求;对于外界的干扰有一定的抗扰能力等。

自动控制系统种类很多,按不同的角度有各种不同的分类方法,下面仅举出几种分类方法。

按被控制量的变化规律(给定信号特点)可分三类:

(1) 恒值控制系统:给定信号是恒定值。如电源自动稳压系统;

(2) 程序控制系统:给定信号是已知的时间函数或按预定规律变化。如高炉程序加料系统及控制机床;

(3) 随动系统:给定信号是未知规律变化的任意函数。如炮瞄雷达天线控制系统、电子电位差计等显示记录仪表等。

按控制系统中所包含的元件特性、信号作用特点分类有:

1. 连续控制系统与断续控制系统;

连续控制系统:它也称模拟控制系统。系统中不包含断续元件,各个组成元件输出量都是输入量的连续函数;

断续控制系统:系统中包含有断续元件,其输入量是连续量,而输出量是断续量。断续控制系统又可分成继电控制系统(包含继电器)、脉冲控制系统(包含脉冲元件)、数字控制系统(包含数字逻辑元件)。

2. 线性控制系统与非线性控制系统;

线性控制系统:各组成元件或环节不包

含非线性元件。线性系统是用线性方程来描述的。

非线性控制系统：系统中包含有非线性元件或环节（其输入量与输出量之间是非线性关系）。非线性系统是用非线性方程来描述的。

3. 常系数控制系统与变系数控制系统：

常系数控制系统：系统内各元件及环节的参数都不随时间而变化。

变系数控制系统：系统内包含有变系数环节、元件或对象的参数随时间而变化。如导弹姿态控制系统及化学反应器控制系统。

按系统结构特点分类有：

1. 单回路控制系统与多回路控制系统。

2. 开环控制系统（系统内不存在主反馈回路）、闭环控制系统（具有主反馈回路）、复合控制系统（是既有主反馈又有前馈的开环、闭环结合的系统）。

3. 单级控制系统与多级控制系统。

4. 固定结构控制系统及变结构控制系统。

按控制系统的功能分类有：自动调节系统；最优控制系统；自适应控制系统；自学习控制系统；自组织控制系统等。

按自动化技术工具特点分类有：常规仪表控制系统与计算机控制系统。计算机控制系统又可分成：直接数字控制系统；整定点控制系统；监督控制系统；单机控制系统；多机控制系统。

按自动元器件及装置的能源分类则有：机械控制系统；气动控制系统；液压控制系统（又可分为有可动部件系统；无可动部件系统——射流控制系统）；电力拖动系统与电子控制系统；气动、液压、电子混合系统等。

随着电子技术的发展，电子自动控制装置在自动控制中占有愈来愈重要的地位。由于自动化与电子化有不可分割的联系，因此

自动控制技术的发展越来越依赖于电子技术的发展。

自动调节

automatic regulation

为了使某台机器设备或某生产过程正常运行，必须要求决定工作状态的物理量保持某个规定值或满足一定的函数关系（按某种规律变化），如发电机正常运转要求输出电压、频率恒定，反应器要求温度、压力按一定规律变化等。凡由人工来保持某些物理量达到规定值的操作称人工手动调节，而采用仪表、自动装置在没有人直接参与下实现使物理量达到规定值或按某种规律变化的操作称为自动调节，或叫做自动调整。

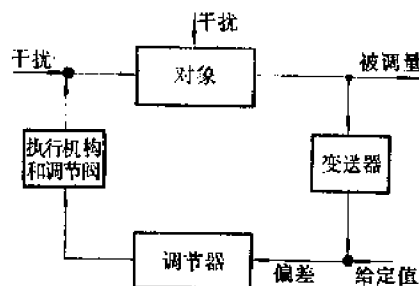
自动调节是自动化技术的重要组成部分。在军工和民用各部门它都得到广泛应用，如飞机自动驾驶及生产过程自动化，都需要对一系列工艺参数实现自动测量和调节。自动调节与控制是自动化的基础。

自动调节系统

automatic regulating system

它是在无人直接参与下能使被调对象的被调量达到规定值或按一定规律变化的系统。它一般是由被调对象、变送器、调节器以及执行机构和调节阀组成。它一般是按偏差调节并具有反馈的闭环系统。其结构见方框图。

由于对象有多个被调量，所以实际的系统通常是具有多个反馈回路的多回路系统。



自动调节系统方框图

化学反应器的浓度等。被控制量也就是自动控制系统输出量。要求它服从一定的规律,使被控对象保持最优工作状态或所要求的工作状态。当被控对象只要求实现自动调节,即要求某些参数保持给定数值或按一定规律变化时,被控制量就变成被调节量。

被调量

regulated variable; controlled variable

系指被调对象内要求保持给定数值或按一定规律变化的物理量。它通常是决定对象工作状态的主要变量,如水槽的水位、加热炉的温度、电机的转速等。被调量亦称为对象或系统的输出量。有时,被调量就是指的被控制量。凡是要求控制的物理参量都是被控制量。

控制量

manipulated variable

它也叫控制(调节)作用或调节量。系指调节器的输出量,它通过执行机构改变输入于被控对象的物料或能量(如温度对象的进出物料;加热蒸汽或燃料的流量;电动机转速控制系统中发电机激磁电流等),从而对被控对象进行控制。

调节量

regulating variable

见“控制量”。

干扰

disturbance

在自动控制中干扰又称扰动。被控对象及自动控制系统各个环节都存在着干扰。引起被调量变化的除调节量外的所有变量,以及影响各部件输出量变化的因素都可视为干扰。如电源电压的振幅和频率的变化,环境温度、湿度、气压的变化以及负载的变化等,都是每个系统普遍存在的干扰量。有效的自动调节与控制系统应具有补偿和克服内外干扰变化的能力,使被调量与给定值的偏差尽可能地减小,使被控量按一定的规律变化,从

而使被控对象处于最优工作状态。

随机干扰

random disturbance

在实验对象和自动控制系统中均存在着时隐时现、忽大忽小,其变化规律不能用某一函数关系描述的随机干扰。这种干扰信号是一个随机量。例如:在雷达跟踪系统中,由于被搜索目标的运动规律以及大量的干扰信号(如空中电波干扰、飞机本身摆动等)是不能用确定的时间函数描述的,所以具有随机性;在生产过程中,由于原材料成分变化、环境条件变化以及设备内部条件的变化(如触媒老化),形成了大量随机干扰。因此,系统的分析与综合必须考虑存在随机干扰输入作用的情况。

对象数学模型

mathematical model of controlled plant

系指自动化对象的数学描述。对象的数学模型的建立,对于自动化系统的设计与调试运行具有重要意义,特别是采用计算机控制时,务必建立对象的数学模型,因为它是实验最优控制的前提。

生产过程数学模型包括对象的静态特性、动态特性、控制指标和目标函数以及系统的状态方程式。建立数学模型的方法有:理论分析法(根据生产过程基本规律、机理,求出理论解析模型);实验测试法(在实验或中间试验装置或生产装置上实测数据,经统计分析求得数学模型);混合法(理论分析与实验测试相结合的方法)。

传递函数

transfer function

线性元件或线性系统的传递函数(或称转移函数)是数学模型的一种表达形式。它是在初始条件为零时,元件或系统的输出量拉普拉斯变换与输入量拉普拉斯变换之比。传递函数可由描述运动规律的微分方程来求取,亦可由实验测取的时间特性(飞升曲线、

阶跃响应或脉冲响应) 来求取。

设线性系统的运动方程有如下 n 阶常系数微分方程的形式:

$$a_n \frac{d^n x}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + \cdots + a_1 \frac{dx}{dt} + a_0 x = b_m \frac{d^m u}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} u}{dt^{m-1}} + \cdots + b_1 \frac{du}{dt} + b_0 u$$

各项逐次进行拉普拉斯变换 $L[f(t)] = F(s)$

$= \int_0^\infty f(t)e^{-st} dt$, 经过简化整理可得:

$$(a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \cdots + a_1 s + a_0) X(s) = (b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \cdots + b_1 s + b_0) u(s)$$

令

$$W(s) = \frac{X(s)}{u(s)} = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \cdots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \cdots + a_1 s + a_0} = \frac{M(s)}{D(s)}$$

$$W(s)$$

$$= K \frac{(s-r_1)(s-r_2)(s-r_3)\cdots(s-r_m)}{(s-\lambda_1)(s-\lambda_2)(s-\lambda_3)\cdots(s-\lambda_n)}$$

$W(s)$ 为传递函数, 它一般是 s 的有理分式 ($m \leq n$)。传递函数的分母部分

$$D(s) = a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \cdots + a_1 s + a_0 = 0$$

为系统的特征方程式, 其根 $\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_n$ 为 $W(s)$ 的极点; 传递函数的分子部分 $M(s)$ 的根 r_1, r_2, \cdots, r_m 称为零点。因此, 传递函数 $W(s)$ 就是在复变量 s 域内描述系统的数学模型, 它比时间域内描述系统的微分方程更简便。

当 $s = 0$ 时, 传递函数 $W(s)$ 就变成了放大系数

$$K = W(0) = \frac{M(0)}{D(0)} = \frac{b_0}{a_0}$$

当 $s = j\omega$ 时, 传递函数就变成了频率特性 $W(j\omega)$ 。利用传递函数就可以方便地分析系统品质及进行系统的校正综合。

频率特性

frequency response

它是线性系统动态特性的主要表达形

式。它反映了不同频率的正弦输入作用下的稳态输出特性。它是一个与系统参数及输入信号频率有关的复变函数, 由于线性系统服从叠加原理, 故在谐波输入作用下的强制振荡仍为谐波函数, 其频率相同, 幅值变化 $A(\omega)$ 倍, 相角滞后 $\varphi(\omega)$ 。其数学表达式为:

$$W(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)} = P(\omega) + jQ(\omega)$$

其中, $W(j\omega)$ 称为幅相频率特性; $A(\omega)$ 为幅频特性; $\varphi(\omega)$ 为相频特性; $P(\omega)$ 为实频特性, $Q(\omega)$ 为虚频特性。频率特性可以看作是初始条件为零时输出与输入量的傅里叶变换之比, 其输出有振幅放大与相位移动。频率特性可以从系统微分方程式或传递函数求取; 亦可用实验方法测取。后者首先是测取系统内每个元件、环节的频率特性, 而后再求取整个开环或闭环系统的频率特性 (目前已成批生产的超低频系列仪器就是频率特性测试仪器)。已知频率特性之后就可以分析闭环系统的稳定性、静态品质和过渡过程品质。上述方法就是系统分析与综合的频率法。除普通频率特性外, 还有对数频率特性, 利用对数幅相频率特性, 就可以方便地用图解法进行稳定性及品质分析和对串联并联校正装置的综合。

脉冲过渡函数

impulse response

脉冲过渡函数是系统在单位脉冲输入作用下产生的输出过渡过程的数学描述。它也称脉冲响应。它是系统动态特性的一种表达形式, 它是传递函数的及拉普拉斯变换原函数, 是频率特性及傅里叶变换的原函数。

单位过渡函数

unit step response

也称阶跃响应。系指系统在单位阶跃输入作用下产生的输出过渡过程的数学表述。它是系统的动态特性的一种表达形式。它是实验求取系统传递函数的原始数据。从单位

过渡函数不难求得传递函数,反之,已知传递函数也容易求取单位过渡函数。所谓飞升曲线,就是对象的单位阶跃输入时的输出,也就是对象的单位过渡函数。

稳定性

stability

系指系统在外扰作用下能否保持平衡状态,过渡过程能否结束达到预定状态的性能。凡在外扰作用消除后系统能恢复原来平衡状态的称此系统是稳定的。换言之,过渡过程是衰减振荡,系统在扰动作用下能保持物理上可以观察到而在实际上能够达到的定态。如果原始偏差在一定限度内,系统才能保持稳定,原始偏差超出某一限值,系统就不稳定,称此系统是小范围稳定;如果原始偏差不管多大,系统都稳定,则称为大范围稳定。线性系统都是大范围稳定,而只有非线性系统才有可能小范围稳定,而大范围不稳定的情况。

线性系统的稳定性,可由特征方程式的根在复数平面上的分布来判别:其根全部位

于左半平面(即是负实部的根)则稳定;只要有一个根位于右半平面(有正实部根)则不稳定;只要有一根位于原点或一对复根位于虚轴,则系统处于稳定边界。如图所示。非线性系统的稳定性可由一次线性近似系统来判别。若线性近似系统处于临界状态,则应由原始非线性方程来分析。

如果一个系统能通过改变参数满足稳定条件,则称此系统结构是稳定的;如果不能通过改变参数来达到稳定状态,则称此系统结构是不稳定的。

稳定准则

stability criterion

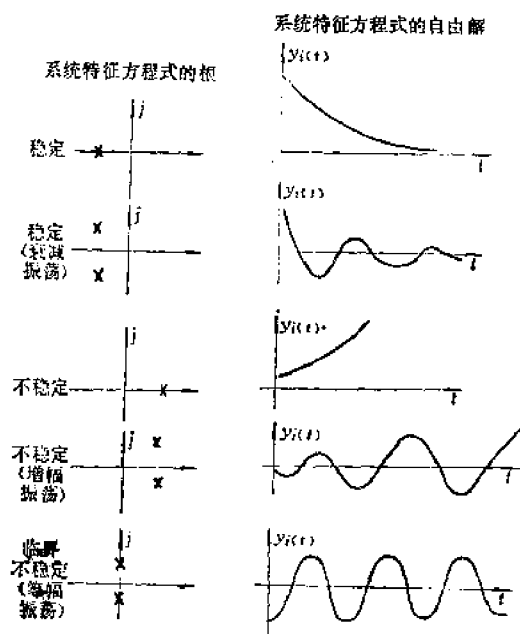
它又称稳定性判据。它是一种分析自动控制系统的运动状态稳定还是不稳定的法则和依据。要判定系统的运动状态的稳定性,有两种方法:一种是直接求出系统运动方程的解(如特征方程的根),然后再判定系统的稳定性;另一种是用间接的判断系统稳定性的法则(这就是稳定准则)来判断系统的稳定性。

由于研究系统稳定性客观实际的需要,人们已经寻求到了多种形式的稳定判据,并且将来还可能出现新的判据。判定线性化系统的稳定性准则有:代数准则(即古尔维茨准则)、几何准则、频率准则(即奈奎斯特准则)等。应用这些准则,不仅能够分析系统稳定与否,而且还能找出使系统由不稳定转化为稳定的途径。

频率准则

Nyquist criterion

频率准则又称奈奎斯特准则。它是用已知的开环频率特性来分析闭环系统是否稳定的一种稳定准则。奈氏准则与古氏准则不同。古氏准则是利用闭环系统的特征方程式来判断系统的稳定性的。而奈氏准则的主要特点是直接用开环系统的幅相特性来判断闭环系统的稳定性的。因为系统的开环幅相特性与



特征根与过渡过程自由分量的关系

组成系统的各环节的特性有直接的联系,并且开环幅相特性可以用实验的方法获得(利用幅相仪)。因此,奈氏准则在解决高阶系统的稳定性的分析方面,在指出改善稳定性途径方面,以及应用实验数据和曲线方面,都具有突出的优点。这样一来,它在自动控制中,得到了广泛的应用。

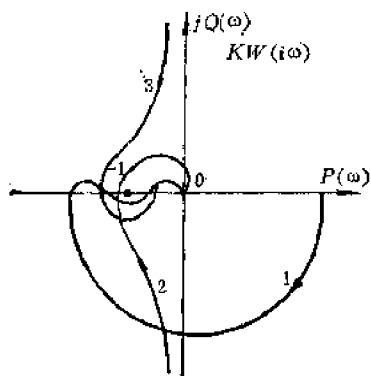
奈氏准则的内容是:

1. 若开环系统是稳定的,则闭环系统稳定的充要(充分与必要)条件是:在 $[W]$ 平面上,当 ω 从 $0 \rightarrow +\infty$ 时,开环系统的幅相特性 $W(j\omega)$ 不包围 $(-1, j0)$ 点。

2. 若开环系统是不稳定的,且开环传递函数在右半面有 p 个极点,则闭环系统稳定的充要条件是:在 $[W]$ 平面上,当 ω 从 $0 \rightarrow +\infty$ 时,开环系统的幅相特性 $W(j\omega)$ 按逆时针方向绕 $(-1, j0)$ 点转 $p/2$ 圈。

上述二种情况的相反情况,则闭环系统是不稳定的。其典型情况如下图所示。

3. 若开环系统中有 ν 个积分环节时,先在 $[W]$ 平面上作出 ω 从 $0_+ \rightarrow \infty$ 时幅相特性



频率准则: 1, 3 稳定
2 不稳定

频率准则典型图解

$W(j\omega)$,再作出 ω 从 $0_+ \rightarrow 0$ 之间的补充圆弧,其具体做法是:从 $\omega = 0_+$ 处向逆时针方向划出补充圆弧,其转过的角度为 $\nu \frac{\pi}{2}$ (注意:在计算时,应从 $\omega = 0 \rightarrow 0_+$ 是顺时针方向,所以是 $-\nu \frac{\pi}{2}$)。然后,根据开环

系统在右半面是否有极点,分别应用前面的结论,判断闭环系统的稳定性。

应用对数频率特性,同样能得到相应的对数频率特性的稳定判据。

稳定裕量

stability margin

稳定裕量是系统稳定度的数量标志,它表示系统的参数与系统在稳定边界时的参数之差。

自动控制系统在实际工作中有时候出现这样的情况,即当 $W(j\omega)$ 靠近 $(-1, j0)$ 点,虽然 $W(j\omega)$ 还没有包围 $(-1, j0)$ 点,理论分析系统时,诚然还是稳定的(在开环系统是稳定的情况下),但实际上系统可能已经是不稳定的了。造成这种事实的原因是多方面的,主要是: 1) 在列写系统各环节的方程式时,不可避免地都是将某些复杂的物理过程作了简化,只抽取其中主要的(而次要的变化过程都忽略不计)变化过程用某种电工、热工、力学、机械等方面的基本规律表示; 2) 各环节方程的系数所包含的参量、转动惯量、气动力参数、时间常数等都不十分精确,被控对象的参数更是如此; 3) 当系统工作环境或气候发生变化时,各环节的参数都可能发生变化等等。因此,系统方程式中的参数实际上是近似的。根据近似参数作出的开环频率特性 $W(j\omega)$ 与 $(-1, j0)$ 点很靠近时,实际上可能已经通过 $(-1, j0)$ 点,甚至可能包围了 $(-1, j0)$ 点了,因而实际上可能已经是不稳定了。

为了确保系统稳定,就需要不仅不包围,而且要使 $W(j\omega)$ 与 $(-1, j0)$ 点有一定的距离,因此必须引入稳定裕量的概念。

稳定裕量也是分析和综合常参数线性连续系统的过渡过程品质的一种指标。

根据不同的稳定准则,稳定裕量有不同的表达形式和计算方法;在代数准则中,稳定裕量是那些不等式不变为等式的余量;在

几何准则中, 特征根位于左半平面的一定区域内 (如图 1 所示); 在频率准则中, 稳定裕量在频率特性的复平面上用点 $(-1, j0)$ 附近一个扇形区域表示, 即幅值裕量 h 及相位裕量 γ (如图 2 所示)。

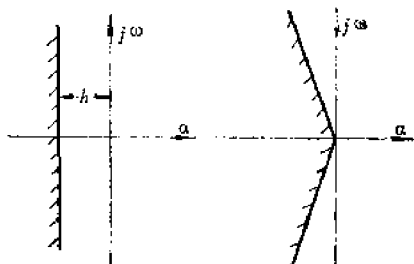


图 1

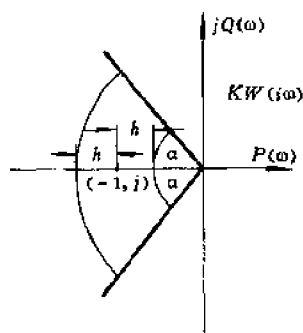


图 2

根轨迹

root locus

系指闭环系统特征方程式的根随开环放大系数 K 的变化而变化的轨迹。用根轨迹可以分析系统的动态品质, 由根轨迹可看出根的分布情况, 从而能确定过渡过程的主要品质指标, 如超调量、衰减率及稳定裕量等, 同时, 还可以选择系统校正装置的系数和结构, 以满足要求的品质 (系统具有理想的根分布)。

闭环系统特征方程式是:

$$1 + KW(s) = 0$$

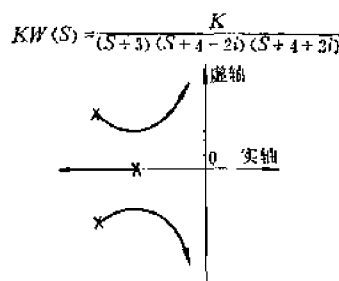
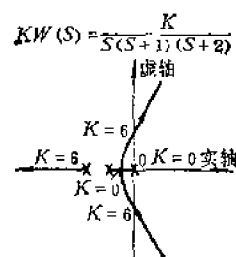
则根轨迹上每一点都应满足下列条件:

$$\begin{cases} |KW| = 1 & \text{幅值条件} \\ \angle KW = (2k+1)\pi & \text{相角条件} \end{cases}$$

其中 $KW(s)$ 为开环系统传递函数:

$$KW(s) = \frac{K(s-r_1)(s-r_2)\cdots(s-r_m)}{(s-\lambda_1)(s-\lambda_2)\cdots(s-\lambda_n)}$$

λ_i 与 r_i 分别为开环系统的极点与零点, 根轨迹就是按相角条件的几何特征绘出的由极点出发到达零点的轨迹线, 然后由幅值条件定出轨迹线上各点的 K 值。例如, 三阶系统根轨迹如图所示。



三阶系统根轨迹图

相轨迹

phase path; phase trajectory

它是系统过渡过程在状态变量 x 及其导数 $(\dot{x}, \ddot{x}, \dots)$ 的座标空间的表现形式, 是系统状态的描述点随时间变化的轨迹。相平面或相空间的相轨迹称为相图(phase portrait), 用它能较直观的研究系统的动态过程。例如, 在分析系统的稳定性时, 就可以通过

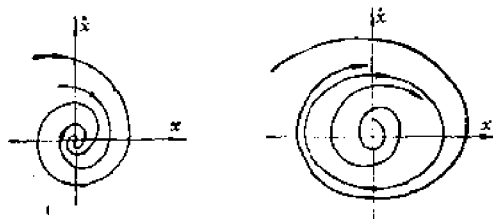


图 1 二阶线性系统相轨迹图

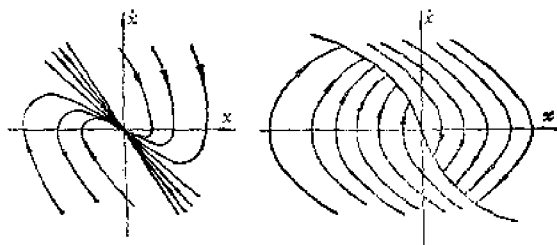


图2 二阶非线性系统相轨迹图

观察相轨迹是否收敛来判别系统是否稳定。特别是在用相轨迹法研究非线性系统时，更可以看出它是个有效的方法。

例如，二阶线性系统（图1）及二阶非线性系统相轨迹（图2）如图所示。

给定值

set point

给定值又称规定值。系统或对象的状态是由随时间与空间变化的物理量来决定的，为了使生产过程及机器设备正常运行，必须保持物理量达到规定的数值，被调量所要求保持的数值称为给定值。例如，反应器的温度和压力要求维持在某个数值才能保证反应正常；又如，电机的电压与转速亦要求保持在某个恒定的数值等等。

品质指标

index of quality; criterion of control quality

系指自动调节系统调节品质的指标，或自动控制系统质量的指标。它是系统设计和实际运行中要求系统能满足的性能指标。它是衡量系统性能好坏的准则，亦是系统分析与综合的重要依据。首先要求系统必须稳定，和具有一定的稳定裕量。其次，对系统的静态与动态性能，要满足一系列品质要求：系统静态要保证对象到达给定的工作状态；系统的动态通常是要求过渡过程的形态满足一定要求。一般要求在单位阶跃输入作用下系

统过渡过程的品质指标：超调量、衰减度、过渡过程时间以及静态偏差满足给定的数值（见有关词汇）。

图示为在单位给定值阶跃作用下（图1），在扰动阶跃作用下（图2）系统的过渡过程曲线。当系统在随机输入作用下，上述单位阶跃作用下的过渡过程的概念就无意义，而用系统误差的均方根值来表示系统动态精度。

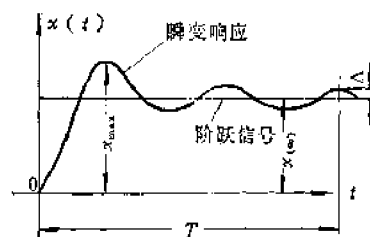


图1

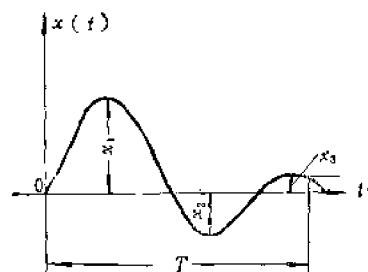


图2

品质指标随着不同的品质分析方法有不同的表现形式。在时间领域，除上述的过渡过程品质指标外，还有用积分形式表示品质指标，通常用平方积分来表示：

$$I = \int_0^{\infty} [x(t)]^2 dt$$

$$I = \int_0^T t x^2(t) dt$$

$$I = \int_0^T [x(t) + \lambda \dot{x}(t)]^2 dt$$

在频率域，系统的幅频特性的低频段，表征系统静态精度，峰值和截止频率表征系统的反应速度、稳定程度等过渡过程品质。

此外，系统的传递函数零点、极点的分

布以及根轨迹, 都能分析系统品质, 如靠近虚轴的一对特征根就反应过渡过程的衰减度。

总之, 由于系统品质指标, 与开环及闭环的传递函数和频率特性之间有一定的对应关系, 因此, 可以按频率特性及零、极点分布来分析系统品质, 也可按给定的品质指标来设计系统, 确定控制装置的结构及参数。

超调量

overshoot

超调量是过渡过程品质指标之一。它是在阶跃输入作用下, 被调量最大偏差值($x_{\max} - x_{\infty}$)与稳态值(x_{∞})之比, 一般用百分比表示之。其数学表示式为:

$$\sigma = \frac{x_{\max} - x_{(\infty)}}{x_{(\infty)}} \times 100\%$$

衰减度

degree of decay

它是调节系统过渡过程品质指标之一。它表示过渡过程谐波分量波动的程度, 即指谐波分量衰减振荡的程度, 也就是第 $n+2$ 次波峰值 x_{n+2} 较第 n 次波峰 x_n 减少的程度, 衰减度 ψ 用下式来表示:

$$\psi = \frac{x_n - x_{n+2}}{x_n} \times 100\%$$

如果 ψ 为零, 则表示过渡过程是等幅振荡;

如果 ψ 为 1, 则表示过渡过程是非振荡单调过程。

如果 $0 < \psi < 1$, 则是衰减振荡, 例如, 当 $\psi = 0.75$ 时, 则第三波峰比第一波峰减少 25%。

此外, 亦有用衰减比(decay ratio)来表示衰减速度的。例如 4:1 衰减比, 相当于 $\psi = 75\%$ 。

过渡过程时间

transient time; response time

也称调节时间。它是过渡过程品质指标

之一。系指系统受干扰作用后从一个平衡状态到达新的平衡状态所经历的时间, 也就是过渡过程的持续的时间。一般而言, 当过渡过程期间的输出量与输出量的稳态值之差达到 Δ 、且不超过 Δ 时, 即认为过渡过程结束, 所以过渡过程时间 T 就是满足下列不等式的最短时间:

$$|x(t) - x_{(\infty)}| \leq \Delta$$

式中, Δ 一般取 $2\% x_{(\infty)}$ 或 $5\% x_{(\infty)}$ 。

静态精度

static accuracy

系统的静态精度又叫稳态精度。它是指系统处在平衡状态时输出量(被调量)与给定值的偏差(也就是静态偏差)。

动态精度

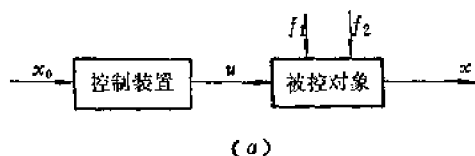
dynamic accuracy

系指系统在随时间变化的输入作用下具有的精度。在给定输入作用下的动态精度是指过渡过程最大动态偏差。它可按典型输入作用来分析; 在随机输入作用下, 关于过渡过程的概念通常就失去意义, 而用误差均方根值(均方误差)作为动态精度的判据。

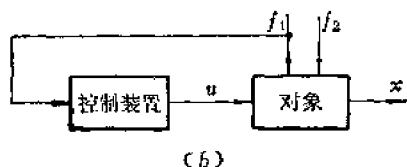
开环控制

open-loop control

系指控制装置与对象之间只存在单向作用而没有反馈联系的控制。控制装置指挥执行机构动作, 改变对象工作状态, 被控制量相应发生变化, 而这并不成为控制装置动作的原因, 这种控制信号与被控制量之间没有闭合回路的情况称为“开环”。所有手动控制、大多数的程序控制机床及数控机床、时间程序控制等都属于开环控制(见图 a), 按扰动的调节亦属于开环控制(见图 b)。通常, 开环控制精度较反馈闭环控制要低, 被控制量要求精度不高时才用它。在机械加工中广泛采用开环控制, 但在过程控制方面却很少单独采用开环控制。如果开环控制与闭环控制结合即采用复合控制, 则能使系统达到一般



(a)



(b)

开环控制系统方框图

闭环控制不能达到的高精度。当使用控制机在线进行最优化计算、工况分析及数据处理，而不是直接参与控制生产过程时，这也是开环控制的一种方式，称为操作指导。

前馈控制

feedforward control

前馈控制就是扰动补偿或按扰动控制。它是一种开环控制（如图 1 所示）。根据不变性原理（即扰动补偿原理），要实现扰动补偿，就必须引进补偿装置，使扰动点与被

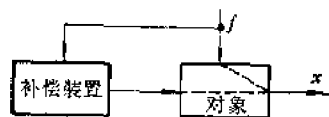


图 1

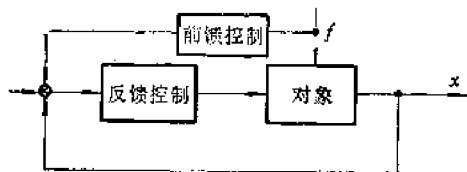


图 2

复合控制系统方框图

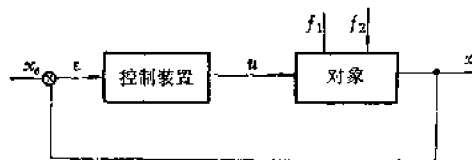
控量之间具有两个通道，并且使其动态特性的大小相等，符号相反，从而才能实现完全补偿。如果近似补偿也能改善品质，那么，要简化补偿装置就更容易实现。如果两个通道仅放大倍数相等，则仅能实现静态补偿。通常，前馈控制不是单独使用，而是与反馈控制同时运用，即组成复合控制系统，同时，按偏

差与按扰动调节（如图 2 所示）。复合控制已得到广泛应用。采用计算机来实现前馈与反馈控制是很方便的，但前提是要有能测量扰动的传感器。

闭环控制

closed loop control

闭环控制就是反馈控制。对被控制量 x 进行连续测量，并与给定作用 x_0 相比较，得到偏差信号 $e = x_0 - x$ ，其偏差信号经过放大、变换后，指挥执行机构动作，直到消除偏差为止（如图所示）。



闭环控制系统方框图

定值调节

constant value control; fixed set-point control

系指被调量的给定值是个恒定常数的调节，它也称为恒值调节。许多机器设备及生产工艺过程的正常操作状态，就是要求被调量给定值是个常数。例如，电机电压调节，要求保持电压为 220 伏；电力系统的自动调频，要求保持频率为 50 赫；化工工艺过程自动化，要求稳定操作，也就是要求各工艺参数保持在某个常数值。后者，虽然对不同原料和不同工况要求保持不同的常数值，但也属定值调节。

程序调节系统

program regulation system

自动调节系统中，被调量的给定值不是一个固定不变的常数，而是一个已知的时间函数，或是某个变量的给定函数时，称此系统为程序调节系统。例如，化学反应器的温度调节，要求温度按一定规律变化；加热炉

及热处理炉的温度调节,要求温度按一定的时间程序和规律变化(自动升温、保温及降温等)。

程序控制

program control

系指按照事先编排好的程序(动作顺序、时间程序等)自动控制机器设备或生产过程。例如:机械加工中各种半自动和自动机床的操作;高炉程序加料装置控制加料;各种注塑机与模压机的开模、合模、装卸料控制等,这些均属于程序控制。程序控制装置最初采用凸轮等机械装置,随后是采用继电器盘等电气装置、有触点及无触点控制装置,近年来,数字式控制装置得到很迅速的发展,出现了各种专用与通用的逻辑控制装置及数字控制装置。

随动系统

servo system

随动系统(或称跟踪系统、伺服系统),是指给定值是个未知的时间函数,要求输出量精确地随着给定作用(控制作用)变化而变化。例如:所有检测仪表都是一个随动系统,它要求仪表或变送器的输出能精确地反应输入物理量的变化;雷达天线的跟踪系统也是典型的随动系统。

断续控制系统

discontinuous control system

断续控制系统是一种非连续控制的系统,其中至少包含一个非连续作用的元件或环节(它的输入与输出之间不是连续函数关系)。目前有三种断续控制系统:

1. 继电系统。它亦称开关控制系统。在继电系统中,存在着一个或一个以上的继电器。两位调节是最简单的一种。

2. 脉冲系统。在脉冲系统中,存在有脉冲调制器。由于调制器动作原理不同,故又分成脉冲幅度调制、脉冲时间调制与脉冲符号调制。

3. 数字逻辑系统。系统中存在逻辑元件,或数字元件及装置。

由于断续控制系统具有优良的性能,故得到日益广泛的应用。各类最优控制系统、计算机控制系统都是断续控制系统。

脉冲系统

pulse system

脉冲系统又称采样控制系统。它是一种常用的断续调节系统。在这种系统中,至少存在一个脉冲元件或环节(调制器或采样开关)。脉冲系统将输入的连续信号变成一串脉冲信号输出,其脉冲参数(幅度、宽度及符号)取决于采样时刻的输入量。按不同的调制方法,分为:脉冲幅度调制(调幅)系统;时间调制(调宽)系统;符号调制系统。

脉冲调节系统广泛用于工业自动化中。例如:在电站热能装置中,温度和压力的调节;在动力系统中,频率与有功功率的调节;在化工生产中,中和反应的酸度调节与成分控制。当被控对象有显著的非线性和较大的纯时滞时,采用脉冲调节,能够达到比连续调节有更良好的调节效果。采用数字调节器或计算机控制的自动化系统都是采样系统。

采样控制系统

sampled-data control system

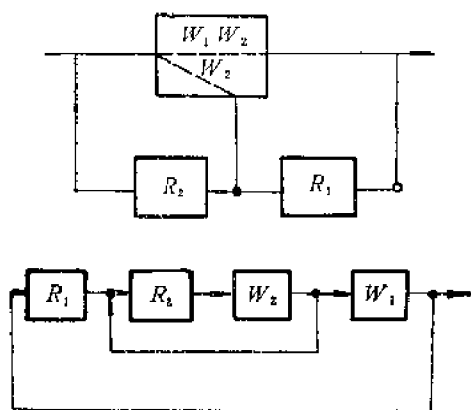
即“脉冲系统”。

串级控制系统

cascade control system

也叫串级调节。它是为了改善单参数单回路控制系统品质而采用的一种双回路系统。由系统结构图可知,串级调节系统有主、副两个调节器;主调节器根据主参数与人工给定的偏差输出信号作为副调节器的给定值;副调节器同时接受副参数信号和给定值并控制调节阀,用两个相关联的调节器保证主参数的控制质量。串级系统由于有副调节回路(内网)的存在,故能加强系统的快速作用,克服干扰,减少对象的过渡滞后,

提高系统工作频率,从而改善整个系统的品质。内网是个快速作用的随动系统;外网在内网“粗调”基础上进一步“细调”,从而提高系统的动态品质。串级系统在化工石油等连续工艺生产过程自动化中得到广泛应用。例如,反应器温度控制;蒸馏塔塔顶温度与回流流量串级控制;塔底液位与馏出液流量串级控制等。均匀调节与比值调节都可看作串级调节的一个特例。

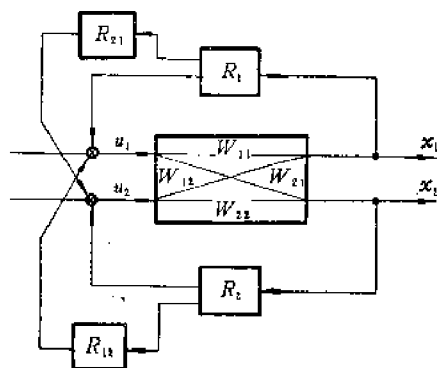


串级控制系统方框图

自治调节

autonomous control

自治调节是一种使系统中多个相互关联的被调量不相互影响的控制原则。它通过引入补偿装置(如图所示,图中的 R_{21} 、 R_{12} ,其中 $R_{21} = -W_{21}/W_{22}$; $R_{12} = W_{12}/W_{11}$),来消除各调节通道之间的动态联系。在设计自治调节系统时,使闭环系统特征方程组矩阵对角线化(即非对角线项恒等于零,也即各变



自治调节系统方框图

量的相互影响都被消除掉),由此导出动态补偿装置的传递函数。近似地实现自治,或局部自治也能改善系统品质。

多回路控制系统

multi-loop control system

由于对象具有多个输入量与输出量,要求控制多个被调量,因此,要求整个调节系统必定是多回路系统。若采用不相关联调节系统,则各被调量由单独的调节器来调节,组成多个单回路系统。在这种系统中,虽然调节器之间不互相关联,但通过对象,各回路仍有相互联系;若采用相关调节或多变量综合控制,则在调节回路间要引进动态联系装置。其实现方法是:有时采用交错反馈,有时采用计算装置计算综合参数(如化工蒸馏塔内回流比、热焐量计算等),使它们组成多回路系统。当只有一个被调量时,亦可能组成多回路系统(如多级串联调节系统,通过回路的串级,可以改善调节品质)。

不仅过程控制是多回路系统,就是一个自动化仪表或一台自动控制装置,都是由多个元件、环节组成,其本身也是个多回路系统。

多参数系统

multivariable system

它也称为多变量系统。由于被控对象要求控制多个工艺参数,故一般工业自动化系统都是多变量系统。在设计系统时,必须考虑到被控对象各输入、输出量之间存在着交叉联系,这是多变量多网系统与单变量单网系统的主要区别。

多变量系统的分析与综合较为复杂,在某些情况下,可以通过转化为等效单变量系统,用多步逼近的方法来解决。由于利用解析法、图解法均较难解决问题,故只有利用模拟机或数字计算机来模拟计算,以进行多变量系统的分析与设计才是适宜的。

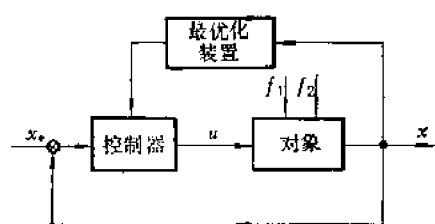
自适应控制系统

adaptive control system

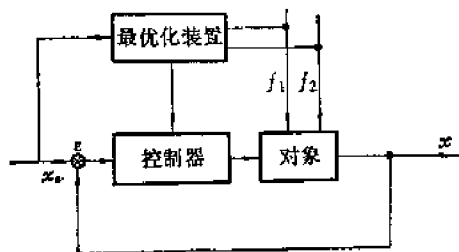
自适应系统是一种能够连续测量输入信号和系统特性的变化,自动地改变系统的结构与参数,使系统具有适应环境的变化并始终保持优良品质的自动控制系统。不少对象的特性是随时间和环境变化而变化的,例如:飞机特性随飞行高度、空气速度而变化;导弹质量重心随燃料消耗而变化;化学反应器特性随触媒老化而变化;轧机张力随卷板机卷绕钢板多少而变化等等。在这些情况下,普通固定结构的反馈系统就不能满足需要,因此要求采用自适应系统。

自适应功能主要是自动识别、自动判断与自动修正。按适应功能与系统结构特点的不同,自适应系统可分很多种类,如:输入信号的适应系统;参数与特性的适应系统;极值或最优适应系统;被动适应系统;自整定、自学习、自组织以及自修理系统等等。它们都是变系数、变结构的非线性控制系统。至今,世界上已广泛采用电子测量、控制装置及电子计算机来实现各类自适应系统。

图中表示按被控对象特性变化而自动整定控制器参数的自适应系统。在这种自适应



(a)



(b)

系统中,计算装置根据对象输入与输出信号,计算确定对象特性,然后在计算装置内对控制器参数进行搜索,以使质量指标达到最优值。

整定

adjustment

整定是指选择和确定自动调节系统的参数。而最佳整定就是对系统的参数进行调整,以满足最优指标。通常,调节系统的整定是根据被控对象动态特性来确定调节器的整定参数(比例度、积分时间和微分时间等)的。其整定方法一般是现场实验调试,对于复杂回路,有的是首先经过分析计算,或在模拟机上选择最优参数,然后在现场细微调整。由于被控对象特性随负荷、原料及环境条件的变化而变化,故要求经常调整调节器的参数,以适应变化了的情况。自整定系统能够自动进行整定,不需要进行上述步骤。

自整定系统

self-adjusting system

自整定系统是一种应用较广的自适应系统,它能根据被控对象、系统内部状态及外界条件的变化,自动地改变控制装置的系数(如放大倍数、时间常数),以保证系统满足所要求的品质。这种自整定系统除了基本的反馈控制回路外,还必须具有自整定参数的闭合回路。自整定系统在飞行器控制与工业自动化中应用日益增多。计算机整定点控制与监督控制系统就是常见的典型自整定系统。

极值控制系统

extremum control system; pick-holding control system

极值控制系统是最简单的一种自适应系统,它能自动搜寻和保持系统输出座标在极值(最大值或最小值)状态。

不少对象具有极值特性:如加热炉温度

与空气量之间, 锅炉效率与蒸气量之间, 内燃机功率与转速之间, 化学反应器转化率与温度或原料成分之间等, 均具有极值特性。

极值控制系统按寻找最佳点(极值)的原理不同可分成记忆式、搜索式、微分式、谐波调制式等类型。

极值控制系统又称自寻最佳点控制系统。

自寻最佳点控制

self-optimizing control

最佳点标志着对象最优操作条件和最理想的工作状态, 它一般是代表工艺操作条件的泛函数的极大值或极小值。自寻最佳点控制就是自动搜索寻找最佳点, 使系统维持最佳状态(见“极值控制”)。

目标函数

target function

它是系统性能最优化指标的数学表达式, 是系统性能好坏的数量指标, 它本身是个泛函数(函数的函数)。最优控制指标, 通常要求优质、高产、低耗、高效率, 也就是要满足下述要求: 描述产量、质量、效率的目标函数达最大值; 描述消耗及成本的目标函数达最小值。通常, 目标函数用二次型表示:

$$J = \int_0^T (u^2 + \lambda x^2) dt = \min$$

$$I = \int (\eta_t - \eta_0)^2 dt = \min$$

$$I = \int f(u, x) = \min$$

式中 u 、 x 分别表示控制量及偏差, η 表示效率或生产率。

最优控制

optimum control

最优控制就是以目标函数达到极值为品质指标的控制。最优控制的一般理论有: 极大值原理与动态规划法。最优指标分静态最优与动态最优; 静态最优要求保证使对象能

达到最优操作状态; 动态最优则要求系统在动态过程中不偏离这个最优操作状态。

快速最优控制系统

time optimum control system

快速最优控制系统又称时间最优控制系统。它是最简单的一种最优控制系统。它是以系统动作快速性即过渡过程时间最短为最优指标的自动控制系统。一般情况下, 系统的某些变量(如调节阀的阀位及其速度)是受限制的。快速最优系统通常是一种开关控制(继电器控制)系统。在反馈回路中引入非线性速度反馈, 使系统过渡过程时间最短。设计快速最优系统的理论基础是极大值原理、动态规划法及非线性控制系统理论。快速系统在自动化仪表、电机电压控制、轧钢机控制中都得到了应用。

极大值原理

maximum principle

极大值原理是最优控制的理论基础。它使求最优控制的一大类泛函极值问题的解法大为系统化, 并便于掌握运用。用极大值原理求得的最优控制函数是一个时间函数, 这个时间函数是最优控制的必要条件, 而不是充分条件。这是因为最优解的唯一性和存在性只是在一定条件下能分析证明, 多数情况下要根据物理概念来判定。最优控制函数是继电器的开关函数, 而极大值原理给出的解是一个开环控制, 因此, 这种系统的综合, 要求将其换算成状态变量的函数。

控制算法

control algorithm

控制算法就是控制装置遵循的控制规律, 是以被控对象状态变量为输入量, 以执行机构位移为输出量的反馈回路的数学描述。这种反馈回路能确保系统达到最优的或预期的品质。用计算机控制时, 控制算法包括控制规律和程序, 以及控制系统的应用软件。

自学习系统

self learning system

自学习系统是一种较完善的自适应系统,它具有识别、判断、积累经验和学习的功能。它一般具有两个以上的最优控制装置,第二个控制装置(或计算机)通过试验可自动改变第一个最优控制装置的控制算法程序,或自动修正系统内的参考模型,它能在一定程度上部分地替代操作员的动作。

过程控制

process control

一般是指石油化工、冶金、水电、轻工等连续生产工艺过程的自动化。也就是说,采用各种检测仪表、调节器、控制器以及电子计算机等自动化工具,对整个生产过程进行自动检测、监督和控制,以达到满足各种最优的技术经济指标,提高劳动生产率,改善劳动条件等目的。用计算机实现过程最优控制,可从主要设备单元操作过程的局部控制发展到整个工艺过程的综合控制;从正常工况控制到自动开停车与事故处理。计算机控制有直接数字控制,整定点控制与监督控制等几种方式,并可用小型与微型计算机进行生产过程的分级控制。

计算机控制系统

computer control system

系指用计算机作为自动化工具实现自动控制的系统。由于电子计算机能完成快速运算与逻辑判断的功能、能对大量数据信息进行加工、运算、实时处理,所以,计算机控制能达到一般电子装置所不能达到的控制效果,实现各种最优控制。不仅能控制一台机器设备,而且能控制一个车间甚至整个生产线、整个企业;不仅能实现对工业生产过程的集中控制和生产管理,而且能控制火箭、导弹、人造卫星及宇宙飞船。计算机控制系统分单机控制系统与多机、多级控制系统;直接数字控制系统与监督控制系统等。

数字控制

numerical control

一般是指用计算机直接控制机械加工过程。按照加工图纸编制以数码表示的程序,制成穿孔带,以指令形式输入计算机(或数控装置),依靠计算机完成对机床(单台或多台)的控制,从而加工出合乎要求的零部件。

数控系统按结构分成开环控制系统与闭环控制系统。开环系统是最常用的也是较简单的数控系统,它没有位置反馈,加工精度取决于丝杠精度、机身刚度以及有足够的电机功率来保证执行控制指令。闭环系统则有滑板位置反馈回路存在,加工精度不受丝杠误差和机床部件的影响,是较完善的数控系统。

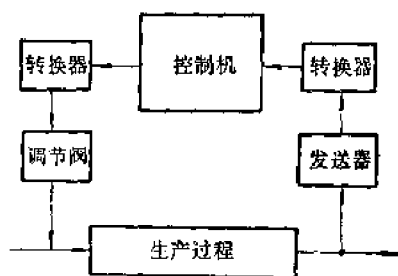
计算机数控系统按加工工艺特点可分成点位控制(定位控制)、直线控制与曲线控制(轮廓控制)。计算机不仅能控制单台机床加工,也能实现多台机床的群控及控制整条自动线。

直接数字控制系统

direct digital control system (DDC)

系指用计算机代替常规调节器及控制装置,直接对生产过程进行控制的系统。在用一台计算机对化工生产过程进行巡回调节时,可直接控制几十个工艺参数,替代几十套常规PID调节器(见“PID调节器”)。一般认为当控制回路在30~50以上时,DDC就能得到比常规调节仪表更好的技术经济效益(指用计算机进行PID调节);但是,DDC决不限于仅采用PID调节规律,计算机还能很方便地实现串级、复合、超驰等新型调节规律,且能实现工艺过程多参数综合控制,即使调节回路小于20个时,亦能取得更优良的调节品质。其次,它能实现集中检测、越限报警、制表打印和事故处理。它不仅能减少大量二次仪表,缩小仪表盘而且能

减轻工人劳动强度, 提高劳动生产率。直接数字控制是计算机控制的一种方式, 它一般作为多级计算机控制系统的第一级, 用微型计算机或小型计算机来实现, 再由中小型计算机对 DDC 监督控制, 按最优工况来计算和改变第一级的给定值。为简化结构, 也可专门研制固定程序的直控仪, 但只能采用 PID 调节规律, 这是最简单的一种直接数字控制, 实际上是多回路的数字 PID 调节器。

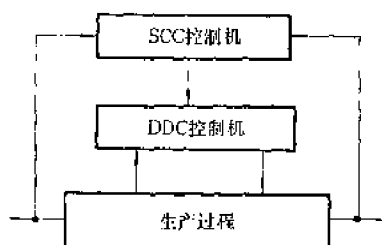


直接数字控制示意图

监督控制系统

supervisory computer control system (SCC)

监督控制系统是一种采用电子计算机的自动控制系统。在用计算机实现生产过程的两级控制的系统中, 第一级是用直控仪或小型计算机及微型计算机, 直接控制调节阀或用常规调节器来控制, 用第二台计算机 (一般是小型机或中型机) 根据最优化数学模型, 计算出各被调参数的给定值, 第二台计算机监督控制第一级的 DDC。在企业生产管理自动化系统中, 还有更高一级的计算机指挥各分厂的监督控制机, 实现整个企业生产计划与管理的最优化。

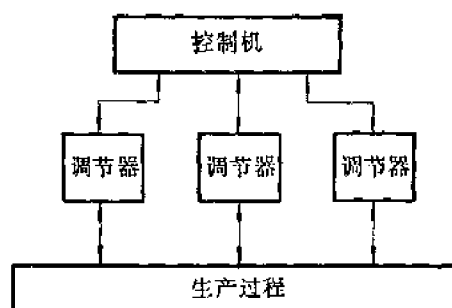


监督控制系统方块图

计算机整定点控制系统

set point computer control system (SPC)

计算机进行过程控制的一种方式。控制机接受生产过程输入量与输出量的信号, 根据对象的数学模型进行最优化计算, 计算出最优操作条件, 即各工艺参数的最佳给定值, 但计算机不直接控制阀门, 而是由计算机去改变常规调节器的给定值, 这是计算机与常规调节器相结合的一种两级控制方式。计算机计算出最佳给定值, 而由电子单元组合仪表调节器去保持这个给定值。因此, 这种计算机整定点控制系统可看作是计算机与调节器组成的大串级系统。这种计算机间接控制生产过程的方案的特点是, 整个系统可靠性高, 计算机一旦出现故障停机, 亦能使生产过程照常维持在准最优状态进行。



计算机整定点控制系统方框图

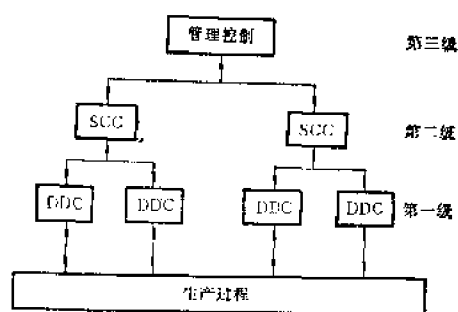
分级控制系统

multi-level control system

它是采用小型计算机、微型计算机进行过程控制的系统。较为普遍的是由一台中型、大型计算机连接多台小型计算机组成的两级控制系统, 用它来控制一个工段、车间或一条生产线。这是扩展了的监督控制系统。如轧钢厂计算机控制多数属于这种方式, 在初轧、热速轧生产中, 一般用一台中型计算机作为中央控制机来控制三台到四台小型控制机, 例如带钢热轧机, 第一级用四台小型机分别控制粗轧线位置、厚度、精轧线位置及传送带, 第二级用一台中央控制机负责加热

炉控制, 轧制程序计算, 送料间隔控制, 板坯跟踪及控制第一级四台小型机。

大型联合企业的生产计划管理与控制系统, 是更为复杂的多级控制系统, 可以多达四级。例如, 三级控制系统的结构如方框图所示。



三级控制系统方框图

集中检测系统

centralized monitoring system

为了实现生产过程集中控制等, 必须首先把一个车间或整个工厂的所有必要的参数集中到一个控制室来进行集中检测, 以便由计算机或操作人员进行分析处理和对生产进行调节与控制。集中检测系统由传感器、变送器及巡回检测装置或计算机输入接口设备组成。直控仪、数据处理机及控制机必须具有集中检测的功能。

自动化技术工具

automation equipment

自动化技术工具是实现自动化所必须的各种物质手段, 它是自动化仪表和装置的总称。具体包括以下内容:

1. 获取信息的工具: 各种传感器及检测仪表。
2. 传递信息的工具: 远动装置及数据传输设备。
3. 变换与加工信息的工具: 各种信号变换及转换器、调节器与控制装置、计算机。
4. 利用信息的工具: 各种执行机构及调节阀等操作器。

自动化技术工具, 按能源可分为: 气动、液压、射流与电动等类, 按信号可分为: 模拟式与数字式两类。

任何自动化系统通常都是由上述四类自动化技术工具与对象结合在一起而组成的, 大多情况下是电子装置与机械、电气设备的综合应用。其中, 电子装置占很大的比重, 特别在信息传输、加工运算及测量等方面, 自动化与电子化是紧密联系的, 没有电子化就不可能有完善的自动化。

敏感元件

sensor; sensing element

指能敏锐反映或检测所需测量参量的元件。有时称为传感器和检测器。应用于电子检测的敏感元件近年来得到了迅速发展和广泛应用。由于信息的测取是加工运算和处理的前提, 故敏感元件已成为实现自动检测与控制的重要环节。常用敏感元件列表如下:

常用敏感元件表

测试用途	元件类型
物体的有无	测固体用的有: 微动开关、限位开关、磁电开关、电容开关、超声开关、光电开关、射线开关等 测液体用的有: 导电式接触开关、电容开关、超声开关、射线开关、浮子开关等
温度	热敏电阻、测温电阻、热偶、双金属式、热辐射式、微波式、激光式等
湿度	电阻式、光电式、氯化锂式等
压力	电阻应变式、压阻效应半导体应变式、压电式等
流量	差压式、电磁式、涡轮式、超声式、激光式等
液位	浮子式、差压式、电容式、超声式、射线式等
位移	差动变压器、光波干涉条纹计数系统、感应同步器、磁尺、位移码盘、超声式、激光式、微波式等

工业测量仪表

industrial instrumentation

是检测工业生产过程中的变量、产品质

量和安全保护等方面应用的仪器仪表。如对锅炉的压力、温度等进行监视。在生产自动化过程中,要求连续自动测量生产过程各个环节的变量,因此,采取集中检测与控制。其测量仪表也由机械或逐渐向电子化、数字化和小型化方向发展,并对它提出了更多、更高的要求。如成分分析仪器,在实验室应用时,主要要求它精密度高,而在自动化炼钢和化学工业生产过程中应用时,则要求它能自动分析和迅速得出结果,并且要求其应用可靠、价廉、防爆、耐腐蚀、抗干扰性能好等。

过程控制仪表

process control instrument

它是化工、炼油、冶金、电站等连续生产过程自动化所需要的各种检测仪表、调节控制器以及执行机构、调节阀等自动化仪表的总称。它与一般的实验室仪表不同之处在于,它是作生产现场在线测量、控制用,是整个自动化系统的组成部分。电子单元组合仪表以及各种测量仪表传感器都属于过程控制仪表。

电子单元组合仪表

electronic modular system for automatic control

电子单元组合仪表,简称DDZ(取“电”“单”“组”三个字汉语拼音的第一个字母来命名)型仪表。它是一种通用性强、并已系列化、标准化的自动化仪表。按照自动检测和调节系统中各部分的功能和现场使用要求,这套仪表划分成若干能独立实现一定函数转换和运算的单元,将各单元适当组合,便可构成各种不同复杂程度的自动调节系统(例如单回路、串级、多变量系统等)。由于采用了统一标准信号,并且,各单元技术条件、外形及安装尺寸、外接件与易损件均统一,所以,这种仪表使用灵活且可以互换,它还可以与气动单元组合仪表、巡回检测以及计算机等设备配合使用。在石油化工、冶

金、电站、轻工等各部门生产过程自动化中得到广泛应用。

电子单元组合仪表最初是电子管仪表,其调节器要由时间单元、恒流单元等组合而成,比较庞大笨重。目前广泛应用的DDZ-Ⅱ型是晶体管仪表,它采用了印刷电路,从而体积较小。全套仪表可由变送单元、转换单元、计算单元、显示单元、给定单元、调节单元、执行单元及辅助单元等组成。国际统一标准信号为4~20毫安,能与计算机配合使用。

近年来,随着电子技术与自动化的发展,出现了组件组装式仪表。它用组件代替单元仪表,每个组件是具有单一功能的一块印制电路板,直接插装在组件箱内(每箱装10~15块),高密度地紧凑地排列,不仅能节省控制表盘面积和安装费用,而且由于组件之间采用电压信号联系,便于拆装、维修和联接成各种装置,从而大大提高了自动化设备的灵活性。

变送器

transducer; transmitting instrument

变送器是指具有下述功能的器件:它将各种被测参数的敏感元件输出的各种信号转换成适合单元组合仪表或遥测数据传输设备要求的电信号,再传送到电子调节器、显示仪表或调制器中去。它的种类有流量变送器、压力变送器及温度变送器等。变送器本身不能单独使用,它必须与调节器、调制器、显示器、计算机联接,才能实现就地控制或遥测与遥控。

电-气转换器

electro-pneumatic converter

在工业仪表与控制系统中,将电动仪表的电流信号(如0~10直流毫安、4~20直流毫安或其它)转换成气动仪表的气压信号(0.2~1.0公斤/厘米²)的装置。电-气转换器采用力矩平衡原理将电流信号转换成气压信号,以便于与气动仪表的执行器等连接。为了

电子计算机能直接控制气动阀门, 可以采用一种电的数字信号直接转换成气的模拟信号的电-气转换器。

气-电转换器

pneumo-electrical convertor

在工业仪表与控制系统中, 将气动仪表的气压信号(如 0.2~1.0 公斤力/厘米²)转换成电动仪表的电流信号(如 0~10 直流毫安, 4~20 直流毫安或其它)的装置。气-电转换器采用力矩平衡原理将气压信号转换成电流信号, 以便于与各种电动仪表如调节器、显示记录仪、执行器、运算器等连接。

标度变换器

scale converter

标度变换器是一种信号转换器, 它将各种传感器及变送器输出的信号变换为统一信号, 并且输入巡回检测或控制器接口设备。

调节器

regulator; controller

它是自动调节系统的重要组成部件。它接受被控对象被调参数与给定值之间的偏差信号, 进行按一定规律的运算, 并发出信号去指挥执行机构动作, 以改变调节阀位置和调节量, 从而消除被调量的偏差, 实现自动调节的目的。调节器种类很多。按调节规律分类有: 比例、比例积分、比例积分微分、两位调节以及半比例、极值调节等不同类型的调节器。按结构分类有: 基地式调节器(在记录指示仪表内附加一些电路或部件而组成, 如电子电位差计、平衡电桥及动圈式仪表附有调节功能); 单元组合式仪表(将不同的调节单元组合成复杂程度不同的调节系统, 如电子单元组合仪表, 可实现多参数调节); 还有一些具有逻辑运算能力的非线性调节器。按能源分类有: 气动、液压及电动调节器。电子调节器具有无滞后、能远距传输、不用附加能源, 便于与电子检测仪表及计算机联接等优点, 在采用了本质安全防

爆措施后, 已能应用于较恶劣的环境。

比例调节器

proportional controller

比例调节器是一种按比例规律动作的调节器, 简称 P 调节器。它的输出信号 u 与输入偏差信号 x (被调量与给定值之差) 成比例。调节器方程式与传递函数有如下形式:

$$u = K_p x = \frac{1}{\delta} x$$

$$R(s) = K_p = \frac{1}{\delta}$$

式中, K_p 是调节器比例系数, 即放大倍数; δ 称为比例度, 它是调节器的整定参数, 根据对象特性来确定。由于调节器根据偏差大小按比例地指挥执行机构动作, 它能减小偏差, 但不能完全消除偏差, 因此, 比例调节系统是有静态偏差存在的。

比例-积分调节器

proportional-integral controller

比例-积分调节器, 简称 PI 调节器。它是最常用的一种工业调节器。它是按比例和积分规律动作的, 调节器的输出信号不仅与输入偏差大小成比例, 且与偏差对时间的积分(也可理解为偏差的累积数值)成比例。调节器方程式与传递函数有如下形式:

$$u = \frac{1}{\delta} \left(x + \frac{1}{T_i} \int x dt \right)$$

$$R(s) = \frac{1}{\delta} + \frac{1}{\delta T_i s} = \frac{T_i s + 1}{\delta T_i s}$$

式中, δ 为比例度; T_i 为积分时间。它们是根据被控对象特性来确定的调节器的两个整定参数。由于调节器不仅有比例作用, 而且具有积分作用, 从而它能最终消除偏差, 只要有偏差存在, 调节器就指挥执行机构动作, 直到完全消除偏差为止。因此, PI 调节器是无静差调节器。

比例-积分-微分调节器

proportional-integral-derivative controller

比例积分微分调节器,简称PID调节器,它是一种较完善的工业调节器。这种调节器的输出信号不仅与输入偏差和偏差积分成比例,而且与偏差的微分即其变化速度成比例。由于有微分作用的存在,调节器能超前动作,克服对象动态滞后而改善调节品质。PID调节器方程式及其传递函数有如下形式:

$$u = \frac{1}{\delta} \left(x + \frac{1}{T_i} \int x dt + T_d \frac{dx}{dt} \right)$$

$$R(s) = \frac{1}{\delta} \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

式中, δ 、 T_i 为比例度与积分时间; T_d 为微分时间。电子单元组合仪表的PID调节器有两种结构,一种是由微分调节器与PI调节器组合而成;一种是PID三作用调节器,其典型调节器的简要工作过程如下:将0~10毫安直流输入经电阻变成输入电压与给定值进行比较后,其偏差值经自激式调制和三级交流电压放大,再经整流功率放大,最后输出0~10毫安直流信号,其输出电流中的交流部分经隔离变压器和整流滤波后送入RC反馈回路,以完成PID运算。由于积分电容与微分电容的充电过程相互有影响,所以,调节器积分时间与微分时间的调整互相有干扰,这种干扰程度用干扰系数来表示,整定参数实际数值 δ^* 、 T_i^* 、 T_d^* 与刻度值 δ 、 T_i 、 T_d 之间有如下关系(以某一具体线路为例说明):

$$\delta^* = \frac{\delta}{F}$$

$$T_i^* = T_i F$$

$$T_d^* = \frac{T_d}{F}$$

$$F = 1 + 2 \frac{T_d}{T_i}$$

如果调节器设有切换开关,则可以去掉微分作用,PID调节器就变成PI调节器;如果将积分电容短路,则可取消积分作用($T_i \rightarrow$

∞),成为PD调节器或P调节器。当PID调节器由微分调节器与PI调节器组合而成,则消除了 T_i 与 T_d 整定的相互干扰,且使用时有更大的灵活性。

比例度

proportional band

比例度 δ 是调节器的一个重要参数,是调节器放大倍数 K_p 的倒数。比例度实质上是表示调节阀开度百分比与被调量偏差变化的百分比之比值。如果比例度 $\delta = 50\%$,调节器放大倍数 K_p 为2,那么,这就是说当被调量产生50%的偏差时,调节阀就能从全开到全关(或全关到全开)满量程变化。比例度对调节过程影响很大,加大比例度就能提高系统稳定性,但静态偏差要增加,相反,减少比例度就能提高系统精度,但波动程度亦要增加。电子单元组合仪表PI调节器比例度变化范围在(2~500)%。当 $\delta \leq 1\%$ 时,调节器就变成双位调节器了。

积分时间

integral time

积分时间是PI调节器的整定参数,它表示积分作用的速度和强弱的一个可调参数。从PI调节器的飞升曲线可知,积分时间就是调节器总输出增长到等于两倍起始阶跃值所需要的时间。换言之,积分时间就是积分动作部分增长到等于比例动作部分所需要的时间。若 T_i 增大,则积分作用减弱;若 T_i 大于某一临界值,则PI调节器近似于比例调节器,其静态偏差又会出现。若 T_i 减小,则积分作用增强,其静差便能消除并且系统调节时间与波动度会增加。电子单元组合仪表PI调节器的积分时间 $T_i = R_i C_i$,是积分回路的时间常数,变化范围一般为3~300秒;PID调节器的积分时间变化范围是6~1200秒。

微分时间

derivative time

微分时间表示微分调节器或PID调节器中微分作用强弱的一个整定参数,是微分回路的时间常数 $T_d = R_d C_d$, 电子单元组合仪表的PID调节器的微分时间一般在0.6~300秒的范围内变化。微分作用能减少过渡过程动态偏差和缩短调节时间。

控制装置

control device

系指实现自动控制所必须的设备。广义讲是指在自动控制系统中除对象以外的所有装置的总称;狭义讲,是指确定控制信号并对偏差信号进行加工计算的装置。它可以是最简单的继电器盘,也可以是一台控制机。一般情况下,控制装置是具有逻辑判断和能实现最优控制目标的非线性控制装置。它也包括程序控制装置、数控装置、各类极值控制器等。

两位控制器

two-position controller; on off controller

它是一种简易控制器,有时也称为双位控制器或继电型控制器。这种控制器的输出只有两个状态(全开或全关)或两个位置(高位或低位)。例如,水银接点式温度计与继电器就可组成最简单的温度两位控制器,动圈式仪表(毫伏计)也是一种常用的两位控制器。它在电炉温度控制中应用很广泛。

半比例控制

semi-proportional control

它是一种简单的非线性变结构控制规律。这种控制规律是根据被调量偏差及其导数(变化率)的符号,指挥调节机构按比例动作,或保持原阀位不动作。半比例控制的效果一般接近PI调节器的效果。半比例调节器的运动方程有如下形式:

$$\frac{du}{dt} = K_r \frac{dx}{dt}, \quad \text{当 } x \left[\frac{dx}{dt} \right] > 0$$

$$\frac{du}{dt} = 0, \quad \text{当 } x \left[\frac{dx}{dt} \right] < 0$$

数字式半比例调节器差分方程式如下:

$$\Delta u = K_p(x_n - x_{n-1}), \quad x_n(\Delta x_n) > 0$$

$$\Delta u = 0, \quad x_n(\Delta x_n) < 0$$

比例-积分、比例-微分控制

proportional-integral-proportional-derivative controller

PI、PD控制属于非线性控制,它是根据被调量与给定值的偏差大小、符号以及变化速度等,通过简单逻辑判断来控制PI与PD调节规律的切换。例如,在扰动出现后,最初是PD控制,然后再根据偏差符号及速度变化自动切换成PI控制。因此,实际上是一种变结构系统。

动态补偿装置

dynamic compensating device

动态补偿装置是实现扰动补偿的技术工具。外扰补偿装置就是前馈调节器,它是根据扰动通道动态特性与调节通道动态特性来设计的;内扰补偿用在自治调节系统中,用以克服各调节通道之间的相互影响。内扰补偿所引入的交叉反馈装置,是根据对象各调节通道之间的交叉联系来设计的。只要近似实现其补偿,就能改善系统品质。

非线性反馈装置

nonlinear feed-back device

系指具有非线性特性的反馈装置。它用来改善系统品质,如在快速最优系统中,按系统的最优开关线,设置一个函数变换器,根据偏差及其导数控制继电器切换时间,以保证过渡过程时间最短。通常,各类最优控制系统都有非线性反馈装置,各类自适应系统也是如此。

最佳点调节器

peak-holding controller

最佳点调节器又称极值调节器。它是实现极值调节的技术工具。根据寻找极值的不同

同方法和执行机构特性不同,极值调节器有不同的类型:搜索式(自振式和步进式)与非搜索式(微分式)、连续式与断续式等。

例如热风炉温极值调节器,可以是自搜索式的小型极值控制装置。全装置可分程序控制、记忆比较、输入输出(即模/数与数/模转换)、停步限温及稳压电源五个部分。

顺序控制装置

sequence controller

它是实现开关量程序控制(动作顺序和时间程序)的一种通用性自动装置。它具有程序灵活可变、结构简单、维护方便、成本较低的特点。它由输入输出通道和组合网路组成。开关量输入和开关量输出,可以是无触点化的,也可以是有触点的,也可以是两者的结合。组合网路是二极管部分矩阵,可以实现按输入信号条件顺序控制、按时间先后的顺序控制以及按动作步骤的顺序控制(步进控制)。

可控硅装置

thyristor installation

可控硅装置主要是由可控硅、触发器、调节器以及过压、过流保护等部分所组成的设备。可控硅的出现,实现了弱电对强电的控制,使电子工业从弱电领域扩大到强电领域。随着可控硅技术的发展,大容量可控硅元件的出现,为发展冶金、机床等工业的生产过程自动化也提供了有利条件。

执行机构

actuating mechanism; actuator

执行机构是调节系统必不可少的组成部件之一。它的任务是根据调节器输出信号去操纵各种调节机构,如调节阀、挡板等,以完成自动调节的目的。电动执行机构能把调节器输出直流统一信号变为机械转角,以操纵挡板或阀门。执行机构的输出应有足够的功率和转矩,应能迅速起动、停止或反向。为了保证调节精度,执行机构内由位置反馈

回路构成闭环,以保证执行器输出转角与输入电流达成严格的正比关系。电动执行机构常用的有角行程电动执行器及直行程电动执行器。按移动速度可分成恒速移动及比例速度移动两种;按其控制系统可分为有触点控制及无触点控制两类。常用控制执行元件有逻辑继电器,电磁开关(磁开关与可控硅开关),特殊继电器(差动、限位及高灵敏继电器),限时器(制动式、电机式、计数式及RC式),计数控制(电磁与电子计数器)及保护继电器等。

调节阀

regulating valve; control valve

它能接受调节器及执行机构送来的信号,自动改变阀门开度,调节气体或液体介质的流量。按静特性(阀门开度与物料流量的关系)可分成线性、平方、对数、双曲线等几类调节阀。按阀座形式可分成单座阀、双座阀、蝶阀、隔膜阀及三通阀等。调节阀按其执行机构能源可分为气动、电动、液动等类型。其执行机构都可与调节阀结合,如电磁阀就是电磁线圈式执行机构与调节阀结合,气动薄膜执行机构与调节阀结合成气动调节阀。电动调节器及电子计算机,可以通过电气转换器指挥气动调节阀动作。

巡回检测装置

data-logger

这是一种大容量,快速自动测量装置。它能对生产过程或科学实验中大量数据集中连续自动地进行巡回测量、数字显示、监视报警和记录制表。它由采样器、数据放大器、模/数转换器、快速打印机以及运算控制器、寄存器等部件组成。直控仪及工业控制机均具有巡回检测装置的功能。采样开关可对许多参数按一定时间顺序巡回测量,每一测量信号依次经数据放大器放大,由模/数转换器转换成数码,由输出程序控制器依次接通显示器及打印机显示和制表。它不仅能取

代大量记录显示仪表,亦能进行简单数据运算和处理。

工业自动化

industrial automation

工业自动化是生产机械化的更高阶段,是工业现代化的标志之一。它是利用各种检测仪表、控制装置、计算机及执行机构等自动化技术工具,对工业生产过程进行自动测量、检验、计算、控制、监视等,使人们不直接参与对生产机械装备及过程的操作和控制,而是人们监督和指挥自动化技术工具。部分采用人工操作,部分采用自动控制的就叫半自动化。在机械化、半机械化基础上,实现自动化半自动化就有利于改善劳动条件和提高劳动生产率。

工业自动化按其任务、规模及采用的手段可分为:局部自动化、综合自动化和企业信息管理自动化三种。

1. 局部自动化

系指各种单机、机组、主要工序与单元操作过程的自动化。一般采用常规仪表及控制装置实现对其主要工艺过程及设备的自动调节与控制,以保证生产正常操作与安全运行,规模是工段及车间。

2. 综合自动化

系指车间或分厂的整个生产过程采用计算机及自动化装置,实现集中检测、调度与控制,使生产过程处于某种含意的最优状态(如最大产量、最高效率、最低消耗等),即实现最优控制。它包括自动开车、停车、事故自动报警与处理等。

3. 企业管理自动化

系指在车间、分厂实现计算机综合控制基础上,利用大型或中型计算机对整个工厂及联合企业进行生产计划自动编制、生产调度与企业管理。通常是采用多台计算机组成计算机分级控制系统。

按照工业生产类型与特点,工业自动化

可分成下列两类:

1. 断续生产过程自动化。如各种自动流水作业生产线。

2. 连续工艺生产过程自动化。如冶金、石油化工、轻工等部门生产过程自动化。

化工生产过程自动化

automation of chemical processes

化工生产过程自动化是指在化工生产过程中使用仪表、调节器、控制装置直至控制计算等工业自动化装备,对化工生产的工艺变量(如温度、压力、流量、液位、成分……等)进行自动检测和调节,以至对某些指标(如产量最大转化率最高、消耗最低……等)实现最优控制。

化工生产过程自动化所包括的主要内容有:自动检测、计量核算、报警联锁、事故分析与处理、自动调节以及某些程序控制、遥控、直接数字控制、最优控制与计算机管理控制等。

从被控参数来看,化工生产过程自动化中包括温度控制、压力控制、流量控制、液位控制、成分控制以及某些机械量(厚度、转速、位移……等)控制。除了这些单参数控制以外,有时还根据需要采用串级调节、均匀调节、比值调节、前馈控制、适应控制、最优控制(极值调节)等复杂调节系统。

从控制对象的范围来看,则有单参数自动调节,设备单机自动化,机组成套自动化,工段、车间自动化以及化工厂与联合企业的综合自动化。

炼油生产过程自动化

automation of oil refinery

炼油生产过程自动化,包括从原油进厂卸车(船)、储存、脱盐、脱水到分馏、裂化、焦化、重整、加氢等一系列的加工过程自动化,各种石油产品(如汽油、煤油、柴油、润滑油、沥青、石蜡……)的分析化验、包装储运及水电、蒸汽、催化剂、添加剂等辅助

车间的自动化。

炼油厂自动化采用自动测量、分析、控制等仪表。如果采用电子计算机,则可进行炼油加工过程控制并且实现全厂生产过程分级控制系统和全厂企业管理数据处理系统。如果油品储运系统、油罐区集中遥测遥控系统,以及各种质量分析仪表(如比重、闪点、干点、气相色谱仪等)与计算机结合,则可进行开环操作指导直至闭环最优控制。

油、气田自动化

automation of oil and gas field

油田(或气田)自动化主要包括由井口把原油(或天然气)从地下采出,经过计量站(或集气站),到原油集中处理站(或净化厂)进行净化处理,然后通过管道外输,在这一整个工艺流程中,对井、站等分散目标的集中控制、管理和生产自动化。具体内容有:对井口原油温度和压力、单井产量、几百口井混合产量、原油比重、含水量(含硫量)等成分分析的数据进行远传记录与数据处理并打印制表;对计量站和处理站各种阀位、高低压开关的自动切换,泵或压气机的自动启停切换,各种阀门的控制;对站上各种设备(分离器、泵、罐等)工作情况的监视、报警和安全保护;用计算机进行分级管理和产量累计并按日、按周、按月综合情况报表;在原油处理站(或净化厂),对整个装置进行巡回检测、记录报表和集中控制,最后用含水量检控仪(含硫量检测仪)监控外输原油(或天然气)的质量,同样,对注水井站也进行集中控制。总之,油、气田自动化是建立整个油田(或气田)原油(或气)生产的自动计量、集中调度与控制系统。

油罐区自动化

automation of tank batteries

在石油工业的采油、输油、炼油等部门都大量使用油罐。这种油罐是石油工业贮运系统中存放各种油品的容器,它们的体积大

小不一,从几百立方米到几万立方米,数量多到几百具,而且分布分散。

由于油罐的数量多、罐区面积大,又因为安全生产的需要,故这些油罐都远离生产管理部门,而且分布在不同的区域里,这样一来,管理很不方便。因此,需要对分散的罐区实行集中管理,即要求实现罐区自动化。

罐区自动化通过信道将各罐区的油罐油品的温度、液位、进出口流量,进出口阀门的位置等参数送到管理调度所,进行实时监视,以便管理人员正确判断、合理调度、适时控制。如根据需要起停油泵、调节阀位、控制流量等。

在罐区集中管理自动化系统中,是通过计算机收集数据,由计算机进行数据处理和过程分析,对生产过程的参数及状态变化及时判断,按预先编排的程序进行实时处理和最佳控制。

冶金生产自动化

automation of metallurgic process

冶金工业生产过程自动化,是指在采矿、冶炼、轧钢、浇铸等冶金生产主要工艺过程中,在机械化的基础上采用检测仪表、控制装置和电子计算机等自动化设备,以部分代替人工对生产过程的控制。在生产管理方面,也可用电子计算机进行产品分类统计与生产计划管理。因此,生产工艺过程控制和生产管理中使用计算机,构成了冶金工业生产自动化的主要内容。

用电子计算机控制生产工艺过程和进行生产管理,首先必须建立生产过程的数学模型,然后,计算机根据数学模型和事先编好的软件,借助于各种硬设备完成对生产过程的控制与管理。必须把计算机、控制对象、各种控制设备(包括各种通用与专用仪表)有机地组合成一个能实现最优控制功能的自动化系统,才能实现冶金生产自动化,从而有

助于提高产量、质量以及改善操作人员的劳动条件。

冶金自动化中以轧钢自动化水平发展较快,水平亦较高,已开始采用多台计算机组成分级控制系统(较多用两级控制,亦已开始搞三级、四级控制),把生产过程最佳控制与企业管理结合起来。

冶金自动化所需的自动化设备,除通用的仪表、控制装置及计算机外,还需一批专用设备,特别是需要大量冶金专用的检测仪表及传感器,如钢水连续测温及终点定碳仪表,各类电子秤(包括吊车秤及轨道衡),焦炭含水量分析及各种轧钢用测厚、测宽、测压、热金属探测器等。

选矿生产过程自动化

automation of mineral processing

选矿生产过程是由矿石进厂、碎矿、磨矿、选别、脱水、干燥、精矿出厂和尾矿处理等生产环节组成。

选矿生产过程自动化系统中包括:设备的自动开停,工艺参数的自动检测和自动控制、原料和产品的数量和质量自动计量和分析、设备运行状况的自动监视和技术经济指标的自动打印制表等。

采用各种自动检测仪表和成分分析仪表,连续测定矿料位、原矿和精矿量、矿浆流量、矿浆浓度、矿浆 pH 值、矿浆粒度、电能消耗、浮选槽液位、药剂用量、水量、矿石的金属品位等工艺参数,并把这些参数送到电子计算机。

电子计算机接受检测仪表和成分分析仪表来的信号,根据生产环节的数学模型计算出控制参数的最佳数值,向调节装置发出指令,实现自动控制,达到优质、高产、低消耗的目的。

根据检测和成分分析仪表提供的数据,计算机还计算出选矿生产的金属回收率、处理量精矿数量和品位、电能消耗、药剂消耗

等技术经济指标,由报表打印机自动打印出每班、每天的生产报表供统计和调度管理使用。

此外还装有全厂主要设备流程的模拟盘和工业电视机,随时显示出全厂设备的运行状况,在发生事故状态时给出警报信号由操作管理人员及时处理。

在现代化的选矿生产过程自动化系统中,可以采用两台小型电子计算机进行分级控制,一台做稳定控制,一台做最佳控制,而且往往把生产过程的自动控制和科学管理结合在一起。

实现选矿生产过程自动化可以大大提高劳动生产率,提高选矿回收率和精矿品位,改善劳动条件,降低药剂和电能的消耗使选矿生产更加经济合理。

烧结厂自动化

automation of sintering plant

烧结工厂是把选矿得出的精铁矿粉烧结成烧结矿以供高炉炼铁之用。从贮矿场用运输机运入各贮矿槽的烧结原料(铁矿石、石灰石、焦炭)分别按照规定的比例配给,为了使这种烧结原料具有适当的透气性,通过一次混合机、二次混合机并添加适当的水份进行混合,然后送给烧结机。带式烧结机是由许多台车所组成并呈环形连接起来的,从一端装入原料,通过点火器,从上部进行点火。台车在移动中通过风箱,向下抽风,进行烧结。接近末端时烧结完了的烧结矿,用破碎机进行破碎,用筛子筛分。最后经过冷却机冷却后送入高炉中。用筛子筛掉的烧结矿作为返矿、铺底料矿,再次作为烧结原料。

自动化是保证烧结矿质量高度稳定和提高产量的技术手段。大型烧结工厂自动化主要内容有:原料配比控制、中间矿槽、原料贮槽、铺底料槽等料位控制、加水量控制、料层厚度控制、台车速度控制、返矿、焦炭配加量控制、点火器温度控制、空气-燃料

比例控制、冷却机温度控制等。此外还有烧结机的自动启动、停车等程序控制,应用工业电视观察烧结情况,使用X-荧光分析仪分析烧结矿成份等。

使用电子计算机控制烧结过程时,其计算机系统分为中规模和大规模两种。前者仅作给定值变更和记录之用,后者则全部使用数字直接控制、记录、监控和综合控制,以使烧结生产最优化。

高炉自动化

automation of blast furnace

高炉是一个把铁矿石还原成生铁的设备,它首先要从炉顶装入炉料,即矿石或烧结矿、球团矿之类的原料、熔剂以及焦炭,从下方鼓入热风,于是原料均匀下降,最后还原成生铁积聚于炉缸之中,隔一定时间放出铁水,然后把铁水运到炼钢厂去炼钢或运往铸铁厂铸成生铁块。近代高炉趋向大型化,容积达4000米³以上,一昼夜生产量可达10000吨以上,如果稍有不正常就影响产量和质量,此外由于要装入数量很多的原料,并须保证其配比,加之高炉密闭,里面的情况是看不见的,因此,若没有自动检测仪表和自动化装备,则不仅耗费大量人力,而且很难获得高产量和高质量的生铁。

高炉操作自动化主要是控制一定配比和合适的原料分布,保证煤气流与原料接触良好、炉料均匀下降及合适的热状态等。

高炉自动化包括电力拖动系统的自动化和热工过程自动化两部分,其主要内容有:上料系统的自动化;鼓风温度、湿度的自动化;热风炉换炉自动化;热风炉燃烧自动化;高炉各风口风量分配自动化;布料自动化;风口吹入燃料自动化;在炉身各水平还装有测量温度、静压力、炉基温度、炉顶煤气压力、成分分析,炉料在炉内状态、风口状态、鼓风参数、热风炉温度、燃料流量、压力等仪表,用以综合判断炉况;可以使用红外电

视来观察炉内炉料状态;用仪器装置测量铁水、炉渣温度和成分等。

还可使用电子计算机来控制上料、配料、炉况和热风炉等。

转炉自动化

automation of converter

转炉炼钢是在炉内装入铁水和废钢,通过安装在炉顶的氧枪吹入纯氧进行冶炼,在吹炼当中还加入石灰、萤石等副原料。当吹炼达15~20分钟左右,钢水温度和含碳量都达到一定要求时,就可以出钢,这就是纯氧顶吹转炉炼钢。

它的自动化系统一般是由电子计算机和一套自动化设备组成,用以实现计算机控制。这些设备包括:氧枪控制装置、上料称量装置(铁水、废钢和副原料的电子称)、耗氧量计量装置、仪表检测装置(如钢水和铁水温度以及氧流量和压力的测量)和成分自动分析装置(如直读光谱)等,有的还装有炉气定碳装置和副枪测温、定碳装置。电子计算机的功能主要是实现冶炼终点的控制,即控制出钢时的温度和含碳量等目标值同时命中。此外,还可进行成分和温度的调整、计算和控制,冶炼顺序控制,收集操作数据以及进行生产管理等。

用计算机进行终点控制时,有静态和动态两种控制方式。静态控制是根据大量的冶炼操作数据用统计法或按照经验建立数学模型进行预测控制。它实际上是按照前一段冶炼炉次的操作规律来对本炉次进行控制。所以,它对生产条件和操作方法变动的适应性较差,终点命中率较低。动态控制是通过某些动态测试方法(如炉气定碳和副枪测温、定碳等),在冶炼过程中测得钢水温度和含碳量,根据动态数学模型进行终点温度和含碳量的控制。它的适应性较强,可显著地提高终点命中率。在实际应用中,往往这两种控制方式结合起来使用。

由于转炉计算机控制要求提供多种工艺参数检测手段和研制数学模型, 从而在控制上具有一定的难度, 所以在一些中、小转炉上一般不采用计算机控制, 只配备必要的检测仪表和控制装置。

轧钢自动化

automation of rolling

钢锭先经初轧机轧成各种坯料, 由各种轧机轧成型钢、板材、管材及线材。热轧薄板经冷轧轧成机械性能更好的冷轧薄板, 管材又可冷拔成冷拔管。

轧钢自动化包括由单参数控制、单机自动化或单个机组的自动化, 到具有较复杂的工艺数学模型的生产过程综合自动化系统, 甚至采用两级电子计算机进行轧钢生产线的控制。

带钢热轧机计算机控制

computer control of narrow strip hot-rolling mill

现代化的带钢热轧机, 为了满足高产优质的要求, 都采用了电子数字计算机控制, 实现了从板坯加热到卷取温度控制在内的整个生产线的自动化。

带钢热轧机的计算机控制内容, 一般大致分为以下几个方面:

1. 轧制计划;
2. 板坯堆放场管理;
3. 加热炉的控制: 它包括: 板坯的选择; 装炉控制; 板坯在炉记录; 加热控制; 出炉控制;
4. 粗轧控制: 它包括: 板坯跟踪; 轧制节奏控制; 粗轧压下控制; 粗轧轧边机控制;
5. 精轧控制: 它包括: 切头控制; 精轧机压下控制; 活套控制; 厚度自动控制; 精轧温度控制; 卷取温度控制; 卷取机控制;
6. 其他: 快速换辊; 数据记录; 轧辊自动磨床。

一般是用几台小型机作为第一级, 控制

加热炉、粗轧、精轧、卷板等区域, 再用一台中型机作为第二级, 实现过程最优化控制, 监控各台第一级控制机。

电力系统自动化

automatic control on electrical-power system

系指用电气仪表、自动装置及与其应用有关的科学技术实现电力系统自动运行与保护的技术领域。

从广义讲, 服务于电力系统运行的一切自动装置都是电力系统自动化的一部分。例如: 为了保护发供电设备安全的继电保护装置; 线路的自动重合闸装置; 备用电源的自动投入装置; 自动并列装置等。由于上述以继电保护为代表的自动装置早已成为电力系统避免事故的必不可少的环节, 因此, 这部分自动化内容一般不包括在狭义的电力系统自动化范围之内。

狭义的电力系统自动化指的是电力系统调度自动化。其主要项目有: 1. 有功功率和频率的自动调整(简称自动调频); 2. 无功功率和电压的自动调整(简称自动调压); 3. 运行数据的自动检测和处理; 4. 电力系统安全控制; 5. 电力系统远动化。

有功功率和频率的自动调整

automatic frequency control (AFC)

它是指将系统内各发电厂的有功功率按照某个或综合的原则, 如燃料成本最低、水利资源的最佳利用、对环境污染最小等, 由电力系统调度部门进行“开环”或“闭环”控制。由于电力系统的频率决定于发电厂的有功功率和负荷的平衡程度, 从而有功功率和频率的调整是一致的。因此, 一般又简称为自动调频。

无功功率和电压的自动调整

automatic voltage control

它是指对系统内各发电机、调相机的无功功率的控制和对电容器、电抗器、变压器

调节分头等调压手段的控制,以保证全系统网络损耗最小,并且使控制点电压维持在额定值。其实现办法是分别由系统各级调度部门进行“开环”或“闭环”控制。这里,无功功率调整是和电压调整统一起来考虑的,故又简称为自动调压。

电力系统安全控制

security control on electrical-power system

电力系统安全控制是以电力系统几种主要的自动装置为基础并由电子计算机来协调动作以保证电力系统安全工作的一种控制方法。一般,它分为两个阶段:1. 开环控制阶段(或监视阶段):电子计算机针对电力系统运行状况,按照事先编好的程序进行事故预想,检查出系统运行方式的薄弱环节并提出对策,以供调度人员参考;2. 闭环控制阶段:由计算机直接遥控有关自动装置(改变其整定值,投入或切除等)。在电力系统发生事故时,安全控制系统立即进行事故处理。

由于电力系统安全控制,全面综合了安全和经济运行,因而实现了电力系统的综合自动化。

水电站自动化

automation of hydraulic power plant

水电站自动化主要包括水轮发电机组的程序启停,即包括水轮机进水阀门、发电机励磁开关、自动同期并列等一系列操作的自动化。其全过程只需按一个按钮即可完成,甚致这个指令也可由其他自动装置发出或进行遥控。

其次,如水轮发电机组有、无功功率的成组调节,其实现办法是:水电站根据上级调度或负荷曲线给的全站功率负荷数值,按一定的原则自动分配给站内各台机组。

对于梯级水电站,由于一条河流上、下游各水电站的发电功率受同一水流的制约(这个制约条件包括从上游至下游水流需要

的时间、水库的容量等等),因此梯级水电站应该统一调度,并且可以像成组调节那样实现自动化。

水电站还采用自动巡回检测装置,实现异常告警,制表记录,并用电子计算机来实现包括事故处理在内的综合自动化。

水电站的水工建筑,如闸门等的自动操作也包括在水电站自动化的范围内。

火电站自动化

automation of heat power plant

火电站自动化主要是对主机锅炉、汽轮发电机组和辅机磨煤机、除氧器等的主要运行参数(如气包水位、主蒸汽温度、压力、炉膛负压等)进行自动调节,使之维持在额定值运行。

其次,如电站主辅机组的程序启停,包括汽轮机从冷态开始启动一直到并网发电,都可以由程控装置自动操作。

火电站还采用自动巡回检测装置来实现异常告警、制表记录。另外,还要对输煤系统进行集中控制。

大型火电站可用电子计算机实现综合控制。用计算机控制可分两类:(一)监督控制:即计算机担任巡检、告警、制表、趋势分析、工况计算;而调节和程序控制仍由相应的模拟式调节回路和程控装置担任,计算机只对调节回路的整定值进行修正和给程控装置发出指令。(二)直接控制:包括调节和程序控制在内均由计算机的输入回路执行。

电子计算机实现事故处理,一般又分对策表示和直接处理两个阶段。

大型火电站实现高度自动化的目的主要是提高运行的安全性(防止误操作,及早发现隐患,给事故处理的指导)。

数字程序控制机床

numerical controlled machine tool

它简称为数控机床。系指加工过程由计算装置按照用数码表示的程序来控制的机

床。首先,根据加工图纸编制以数码表示的程序(包含机床各运动部件的加工量、速度及动作次序)并制成穿孔纸带,由数控装置读出穿孔带上的数码与指令,经过译码和运算发出脉冲信号去控制执行机构,驱动工作台,使刀具和工件作相对运动,从而加工出符合图纸要求的零件。常用的数控系统是开环的。

数控系统比一般程控系统具有精度高、加工效率高、灵活性适应性好的特点,它适用于小批量、多品种、图形较复杂的零件加工。

按照机床加工工艺特点可分成三类数控机床:

1. 点位控制(定位控制):这类数控系统特点是控制工作台或刀具的最终座标点位置,并不控制点到点的运动轨迹,如数控钻床、冲床等。

2. 直线切削控制:这类系统的特点不仅控制加工点位置,而且能保证工作台与刀具作直线运动,即控制直线切削,如数控平面铣削。

3. 轮廓控制(曲线加工数控):这类系统的特点是保证刀具与工件按要求曲线形状作相对运动,即控制刀具的移动路径,能加工出各种图形复杂的工件。如数控铣床及线切割机。

数控机床绝大部分是用电子数控装置(专用计算机或小型通用机)来实现单台或多台数控。

群控

group control

系指整个车间多台机器设备采用一台或几台计算机进行集中控制。例如,在机械加工行业,在单机程控基础上实现一台计算机分时控制多台机组或整个生产线;在轻工纺织行业,用一台计算机控制几十台注塑机、模压机及针织横机等。此外可采用数控装置或计算机控制加工零部件、产品及半成品的检验、

测试以及装配。

自动线

transfer machine

自动线是指自动生产线,一般是机械加工、轻工、纺织及电子工业元件生产等单件批量生产作业线的自动化,是在单机程序控制的基础上实现装料、卸料、检验、传送及加工等多种工序联动化、自动化。各行业中普遍的存在着大批量单件产品(或零、部件)生产作业流水线要求实现机械化、自动化。如滚珠轴承生产自动线;钟表零件生产自动线;电阻生产线等。电子检测、控制(数控)以及电子计算机在加工、测试及装配自动线中得到广泛应用。

铁路编组站自动化

automation of railway marshalling yard

编组站是对铁路货车进行解体和编组的车站,一般由到达场,驼峰编组场和出发场组成,全长五公里多。将整个编组站,用先进的电子技术和现代化设备装备起来,由电子计算机对货车的到、发和在驼峰上解体和编组的整个作业过程进行自动控制,这就叫编组站自动化。

编组站自动化主要包括下列几方面的内容:

1. 站内外有关信息传输及处理自动化;
2. 站内计划的编制、调度指挥自动化;
3. 进路控制自动化;
4. 检车工作自动化;
5. 列车摘、接风管自动化;
6. 驼峰推送机车遥控自动化;
7. 列车推送提钩自动化;
8. 驼峰溜放速度控制自动化;
9. 驼峰峰尾调车机车遥控自动化;
10. 统计工作自动化。

在上述自动化当中,驼峰溜放速度控制自动化是编组站自动化的基础,也是自动化

的核心部分。所有自动化分别由控制和数据处理两组电子计算机进行,并组合在一起,构成计算中心,实现编组站自动化。

铁路行车指挥自动化系统

automatic system for railway traffic control

铁路行车指挥工作通常是通过车站值班员和调度员实现的。一般铁路在车站上采用集中联锁(电气集中),区间(两车站间的线路)采用自动闭塞、调度所采用调度集中和调度电话(有线、无线)等自动化技术设备,帮助有关人员进行列车运行调整 and 保证行车安全。行车指挥自动化系统是指采用电子计算机等自动化技术工具实现的行车指挥系统,使人进一步摆脱频繁的重复劳动,更好地致

力于组织列车运行调整,提高工作质量,扩大管辖范围,改善劳动条件,确保行车安全;特别对于人力难于胜任的列车密度大、速度高、管辖区段长的行车指挥工作,更显示出应用这种系统的必要性和优越性。铁路实现行车指挥自动化的途径多半是在现有电气集中、自动闭塞、机车信号、调度集中等设备基础上,采用电子计算机、车次报号、列车速度控制等设备,达到在调度所内能自动显示各次列车运行位置、车站股道及信号状态、自动记录和描绘列车实际运行图、自动安排列车进出车站的进路、列车运行图被打乱时自动进行调整,以及列车自动按信号的规定速度运行等要求。

二、遥 控

遥控

remote control

遥控就是对被控对象进行的远距离控制。遥控技术综合应用自动控制技术和通信技术，来达到远距离控制，并对远距离控制进行监测。

被控对象可以是固定的，也可以是活动的。固定的被控对象分为集中型的（如工厂、电站等）和分散型的（如油田、气田、输油输气管道、铁道等）；活动的被控对象如飞机、导弹、卫星和宇宙飞船等。

因遥控是远距离的，这就涉及到控制信号的传输和变换问题。若信号的传输是利用有线进行的，就称为有线遥控；若信号的传输是利用无线电进行的，就称为无线电遥控。

根据被控对象的控制状态，将遥控分为两类：对被控对象的工作状态的调整进行远距离控制的称为遥调，如对输油输气管中流量的控制，对电机转速的控制等；使被控对象作单一的或两种极限动作的远距离控制则称为遥控，如控制电闸的开或关，控制电机的启动或停机等。

遥控在民用和军用部门中，如生产过程自动化、输油管道无人管理、制导等，已得到广泛应用。

除制导外，通常说的遥控就是指遥控。

遥调

remote regulating

见“遥控”。

远动技术

telemechanics

遥控、遥测技术或遥控、遥测、遥信和遥调技术等总称为远动技术。

指令遥控

command remote control

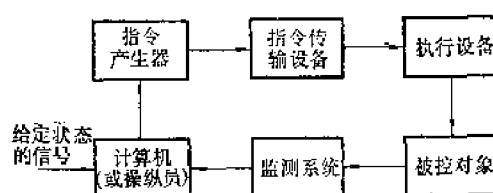
控制端利用有线或无线电技术将控制指令传至被控对象，使其完成预定动作的措施称为指令遥控。例如，调度中心对油井、气井的流量、压力等参数的控制，地面对高速飞行器的控制等。在工农业生产和军事方面，当被控对象不可能或难于接近，相当分散或者相距较远，并要完成实时的控制时，常采用指令遥控。

指令遥控通常简称遥控。

指令遥控系统

command remote control system

完成指令遥控任务的设备称为指令遥控系统。由于遥控方法和被控对象不同，故遥控系统也是多种多样的。但指令遥控的实质在于，由遥控站发出指令信号，使被控对象具有必要状态，或者在于消除被控对象的给定状态与实际状态之间随时出现的误差。因此，各种遥控系统的基本组成部分应是相同的，其一般组成见方框图。



遥控系统方框图

监测系统的任务在于测出被控对象的实际状态，此实际状态与预先给定的状态在计算机中（或由操纵员）进行比较，当二者不一致时，计算机（或操纵员）便给出一个误差信号。指令产生器产生与误差信号相对应

的指令信号,通过指令传输设备将指令信号输送到执行设备,以改变被控对象的实际状态,此实际状态通过监测系统又被送到计算机中……。这一控制过程直到被控对象的实际状态与预先给定的状态相一致时才结束。

由上可以看出,指令遥控系统通常是一个闭环控制系统。在某些场合下,指令遥控系统也可能是开环的,这时被控对象改变后的实际状态不再作用到控制端。

遥控站

remote control station

在指令遥控系统中,为称呼方便起见,常把计算机、指令产生器、指令传输设备的发射部分、监测系统的接收部分(也可能是整个监测系统,如雷达监测系统)以及一些辅助设备总称为指令遥控站,简称为遥控站或控制站。

在国民经济生产部门中,又把遥控站称为调度端、控制端、主控端或主站等。

在对运动对象(如飞机、导弹和宇宙飞船等)进行遥控时,又把遥控站称为制导站或地面站等。

遥控主控站

remote control main station

在分散的指令遥控系统中,有多个遥控站同时参与工作,其中起中心指挥控制作用的遥控站称为遥控主控站。其他各站要接收到主控站的命令后才对被控对象进行控制,这些站称为遥控副控站(又称遥控被控站)。

遥控副控站

remote controled station

见“遥控主控站”。

执行端

actuating station

在使用中为称呼方便起见,常把指令传输设备的接收部分和执行设备、监测系统的发射部分(也可能没有,如雷达监测系统)以及一些辅助设备总称为执行端(或称为

被控端、副站)。

监测系统

observation system

指令遥控时,需要对被控对象的实际状态进行监测(监视和测量),其实际状态可用各种参数来表示。测量这些参数并把这些参数传输给控制站,就是监测系统的任务。监测的参数分二类:外部运动参数,如座标、速度和加速度等;内部发生过程的参数,如温度、压力等。

由于遥控任务和监测参数的不同,监测系统也不同。常用的监测系统有:目力监测系统、电视监测系统、雷达监测系统、导航监测系统和遥测监测系统等。

对运动的被控对象(如舰艇、飞机和导弹等)进行监测时,习惯于把监测系统称为观测系统。

指令产生器

command generator

指令产生器是用来产生与误差信号(由计算机或操纵员给出)相对应的、便于指令传输设备传输的指令信号的装置。

在有的指令产生器中,还包含有指令编码器。编码器的作用是将指令信号变为码组,以便区分指令和提高抗干扰性。

遥控指令

remote control command

遥控指令是指示远距离被控对象工作或者如何工作的命令。例如,遥控电动机具有开机和关机的动作;遥控靶艇具有开机、关机、左满舵、右满舵、全速、中速和倒车等动作。遥控系统就相应地有开机指令、关机指令等。

为简单起见,一般都把遥控指令称为指令。

指令信号

command signal

遥控时,要把指令传给被控对象,必须

把指令变换成相应的电信号,通过有线或无线电方式进行传输,这种电信号就叫指令信号。

在实际工作中,往往把指令信号简称为指令。

连续指令

continual command

数值连续变化的指令叫做连续指令,如控制输油管道的流量和压力的指令。

有的部门把连续指令称为遥调指令。

指令系数

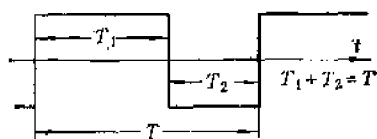
command factor

为了表示连续指令的大小,常常采用指令系数这一术语。所谓指令系数就是指连续指令某参量值与该参量可能具有的最大值的相对值。即:

$$\text{指令系数} \quad K = \frac{K_1}{K_m}$$

其中, K_1 是被传输的指令值; K_m 是该指令可能具有的最大值。

如果传输的指令是借助于方波的时间间隔 T_1 和 T_2 的相对变化来表示(如图所示),则指令系数 $K = \frac{T_1 - T_2}{T}$, 式中 T 为方波周期,是一个固定不变的常数。



表示指令的方波

断续指令

discrete command

数值是间断的指令叫做断续指令。多数情况下,断续指令是指继电指令,即“有”或“无”的指令(如电闸的开-关指令)。

一次指令

once command

是断续指令的一种。在选定的瞬时将指令发送给被控对象,使之一次完成某一特定

动作。如导弹发动机关车指令。

单音指令

single tone command

由单个音频信号构成的指令叫单音指令。这种指令比较简单易行,但抗干扰能力较差,仅适用于要求不高的遥控系统。

多音指令

multi-tone command

由两个或两个以上音频信号构成的指令叫多音指令。这种指令经过不同的组合,可作为保密措施的一种手段,同时也能增加指令条数。

数字指令

digital command

用脉冲数码构成的指令称为数字指令。二进制脉冲编码指令就是一种数字指令。数字指令可达到指令条数多、抗干扰能力强和保密性好的要求,还便于用数字逻辑电路实现。

时间程序指令

time program command

在遥控过程中,有时需要按固定时间发送指令,在发出第一个指令后隔不同时间再发第二、第三……第 n 个指令,发送这种指令的时间是由事前按要求编排好的时间程序装置来控制的。用这种方式发出的指令就叫做时间程序指令。

实时指令

real-time command

就是即时控制被控对象动作的指令。在一般情况下,遥控指令都是实时指令。

预警指令

alarm command

在发出指令之前,有时需要先发一个要求作准备动作的指令,这个准备指令叫预警指令。这种预警指令所要求的准备动作,可以是被控端各系统为保证准确按照指令动作之前的检查,进入待命状态;也可以是全部

执行动作的第一步动作。

执行指令

execution command

在遥控系统中,为了提高可靠性,完成某一动作常分两步进行。先发控制动作内容的控制指令,储存在被控对象上,并由被控对象向控制站发回该指令的识别信号,由控制站判别,如果储存的控制指令是正确的,这时才发送执行动作的指令。这个允许执行机构动作的指令就叫执行指令。将执行指令编成的码组叫执行码。

虚假指令

pseudo-command

指令发射机未发出任何指令,但由于外界的干扰和设备内部噪声的影响,使指令接收机输出端产生不应有的指令叫虚假指令。

指令容量

command capacity

指令容量就是指令系统可能产生的最大指令条数。一个指令系统所用的指令条数是根据被控对象的需要而定的。指令系统可能产生的指令条数往往超过所用的指令条数,这样使用就比较灵活。

指令时延

command time delay

指令从控制端发出到被控对象执行机构收到,其间的时间间隔叫指令时延。它取决于指令长度、设备性能、传输时间和干扰等。指令时延包含固有时延和随机时延两部分,前者可通过计算机处理扣掉。

最小指令间隔

minimum command interval

发出相邻两条指令所允许的最短时间间隔称为最小指令间隔。这个要求与被控对象的动作时间及指令连发等有关。

指令结构

command structure

即指令组成的形式(或格式)。例如有

的指令由开门码、信息码、执行码组成;有的由地址码、信息码组成;有的由前导码、同步码、信息码、保密码组成等。其中信息码是指令结构中最主要的部分,用来表示指令的具体内容。

指令长度

command length

一条指令占有的时间称为指令长度。它既与所选定的指令结构有关,也与被控对象的需要有关。

遥控编码

remote control coding

在遥控时,为了区分指令信号、提高可靠性、抗干扰性和保密性等,常把指令信号编成码组,这种方式称为遥控编码,其码组称为指令码。

若指令信号的大小是借助于数字编码系统来传输的,这时的编码概念见“遥测编码”。

指令码

command code

见“遥控编码”。

信息码

information code

见“指令结构”。

前导码

lead code

在数字指令的前部,为在收端建立位同步信号和克服滤波器建立时间的影响而编成的码组称为前导码。它是由“1”和“0”交替或全“1”全“0”组成的,其长度根据位同步和滤波器建立的时间而定。它不起控制作用。

同步码

synchronous code

在数字指令遥控中,译码器要正确译出对应的指令,必须具有准确的时间标准,完成这种作用的码称为同步码。由于它非常重要,一般选择抗干扰能力强的码作为同步码。

地址码

address code

地址码是对多个被控对象控制时用来区别被控对象的一种码组。为了避免发给某一被控对象的指令被另一被控对象所接收,从而造成错误,每个被控对象都有自己的一种专用地址码。地址码总是放在控制指令的前面。由于采用了地址码,因而控制指令可以用统一的形式。这样一来,就不会因被控对象增多而增加指令数目,设备也可以通用。

但有时对单一被控对象也有使用地址码的,这时地址码并不起地址选择作用,而是与指令组合,增加指令数目,提高抗干扰性。

开门码

opening code

遥控时,为了提高抗干扰性,遥控接收端只有在开门码到来之后才工作,即才能接收到指令信号,这种使遥控接收端开始工作的码组叫开门码。开门码也可以与地址码合在一起。

保密码

secret code

保密码就是经过保密措施处理,使其规律性不易被识别的码组。它在指令遥控中很重要。

执行码

actuating code

执行码就是使被控对象的执行机构动作的码组。

副比特码

sub-bit code

为了提高抗干扰能力,减小错指令概率,常采用二次数字编码。例如,指令码组中的每个码元(“0”或“1”)都以另一种码组(即子码)来填充。“1”码元用子码的正码来填充,“0”码元用子码的反码来填充,这种二次编码叫副比特码。

频率码

frequency code

即遥测中的“振幅键控”。见“振幅键控”。

译码矩阵

decoding matrix

译码矩阵是数字遥控系统中译码器的一个组成部分,大多数由二极管组成。若干条输入线和若干条输出线交错排列,输入线条数代表组成一条指令的二进制数字的位数;输出线的条数代表该系统所含指令的数目。当输入端加上某一特定指令信号时,与之对应的那条输出线便输出一个执行信号。

例如,若指令由5位二进制数字组成,矩阵输入端共5条线。该系统最多可有 $2^5=32$ 个指令,故输出端共32条线。若输入为10100,则输出端的32条线中与10100对应的那一条输出执行信号。

编码矩阵

encoding matrix

编码矩阵是数字遥控系统中编码器的一个组成部分。它的工作原理与译码矩阵相似。

指令监控台

command monitor

在遥控系统中,需要一种专用设备对发送的指令进行控制、选择、监视及记录,这种专用设备叫做指令监控台。通过它可以对其他设备进行监视、控制和自动切换。其具体功能如下:

一、控制:

1. 确定发送指令内容;
2. 选择发送指令时机;
3. 选择执行任务的设备。

二、监视:

1. 监视设备工作状态;
2. 监视指令的发射和执行情况;
3. 监视本系统和其他系统之间的来往信号;
4. 记录所有发出和返回的信号。

目力监测系统

visual observation system

在比较简单的遥控系统中,利用目力来监测被控对象的实际位置(状态)。如果实际位置与所需位置发生偏差,操纵员就发出指令,通过指令发生设备和传输设备,送到执行设备,以改变被控对象的实际位置。这种监测系统称为目力监测系统,它是一种最简单的监测系统。为了增加被控对象的可见距离,在控制站可以使用光学仪器,在被控对象上可以装置曳光管。

目力监测系统的主要优点是设备简单,使用方便。但有严重缺点:只有在良好能见度的情况下才能使用,监测距离有限,监测精度不高,只适用于监测被控对象的外部运动参数。

目力监测系统广泛用于控制各种模型飞机和舰艇的指令遥控系统中。

电视监测系统

television observation system

利用电视技术设备对被控对象进行监测的系统称为电视监测系统。它有二类:一类是电视监测系统的发射部分装置在被控对象上,接收部分装置在遥控站。根据接收部分屏幕上的图像,可以判断被控对象的状态或位置。另一类是利用电视跟踪技术,其监测原理与雷达监测原理相同。

电视监测系统的优点是,既能监测被控对象的外部运动参数,又能监测被控对象内部所发生的过程或状态,从而能够直观地看到图像。其缺点是设备复杂、监测效果取决于气象条件。

电视监测系统已用于工业生产、铁路运输、制导和宇宙航行等的指令遥控系统中。

雷达监测系统

radar observation system

雷达监测系统主要用在舰艇和各种飞行器的指令遥控系统中,以便确定它们的外部

运动参数(座标、速度和加速度)。

雷达监测系统能自动测角和测距(即自动跟踪),作用距离远,工作不受气象、季节和昼夜的限制。

导航监测系统

navigation observation system

利用导航原理来确定被控对象的位置和运动参数称为导航监测系统。例如双曲线导航和多卜勒导航等系统。

导航监测系统,广泛应用在弹道导弹,人造卫星和宇宙飞船的观测。

遥测监测系统

telemetry observation system

利用遥测原理对被控对象进行监测的系统称为遥测监测系统。它既能测量和传输被控对象的外部运动参数(如座标、速度等),又能测量和传输表征被控对象内部过程和状态的参数。

遥测监测系统在工业生产和管理自动化的遥控系统中得到了广泛的应用。

测试编码器

test encoder

在大多数场合,发送端(控制端)和接收端(被控端)相距很远,为了调试设备方便而制作较简易的编码器来满足接收端调试要求。这种调试用的编码器叫测试编码器。

指令监视译码器

command monitoring decoder

在指令发送端,为了监视指令是否正确地发送出去而附加的指令译码器,叫指令监视译码器。

指令传输设备

command transmission equipment

指令传输设备是遥控系统的组成部分,用来将指令信号从指令产生器传输到执行设备。传输的方式可以用有线,也可以用无线。无线电指令传输设备一般包括:多路信号调制综合器、发射机、发射天线、接收天线、

接收机和分路解调器等。

指令发射机

command transmitter

将指令信号调制在载波上, 经过功率放大器放大后由天线发射出去, 这种无线电装置称为指令发射机。

指令接收机

command receiver

将天线接收到的含有指令信号的载波加以放大, 并解调出指令信号的一种无线电装置称为指令接收机。其线路组成, 除简单的接收机用直接放大、解调方式外, 一般均采用一次或二次变频的超外差接收方式。

指令接收机选择逻辑

command receiver selected logic

为提高指令系统的可靠性, 指令接收机一般采用两部设备。在两部接收机之后加上一个接收机选择逻辑部件。当主用接收机工作正常时, 抑制备用接收机的输出; 当主用接收机发生故障时, 就抑制主用接收机的输出, 而采用备用接收机的输出。这种逻辑部件称为指令接收机选择逻辑。

指令监测接收机

command monitoring receiver

它是一种简易的接收机, 一般安装在指令发射机附近 (或指令控制台附近), 用来接收和监测指令发射机发出的指令信号。由于接收机安装在发送端附近, 因此它的某些技术要求 (如灵敏度、体积、功率消耗、使用环境等) 和被控对象上所用的指令接收机有所不同。

互相关指令接收机

cross-correlation command receiver

相关指令接收机是根据两种信号间的相关检测原理设计成的, 可分为互相关指令接收机和自相关指令接收机两种。所谓互相关指令接收机就是把受到干扰造成失真的输入信号, 与一个本地产生的标准信号同时送入

接收机的乘法器中, 然后由积分器求出上述两种信号的乘积在指令持续时间内的平均值。由于必须知道这种接收机输入端的高频相位才能实现互相关, 故这种互相关接收机不易实现。因这种指令接收机的抗干扰性优于任何类型接收机, 故称它为理想接收机。

自相关指令接收机

auto-correlation command receiver

自相关指令接收机应用比较广泛。在这种接收机中, 将被接收到的指令信号和该信号经过延迟某一时间之后同时加入乘法器相乘, 所得之乘积在某段时间内积分, 再将积分结果送到门限装置进行判决。这种自相关接收机的抗干扰性低于互相关指令接收机的抗干扰性, 但高于一般指令接收机的抗干扰性。

同步跟踪天线

synchronous tracking antenna

在对运动的被控对象进行遥控时, 指令遥控天线往往没有独立的自动跟踪设备, 不能自动指向被控对象, 而需要由其他有跟踪能力的设备 (如雷达) 引导, 使其随时指向被控对象。由于被引导的指令遥控天线与引导天线同步转动, 所以称为同步跟踪天线。

程序跟踪天线

program tracking antenna

它是根据预先计算或测定的卫星或飞行器轨道, 由计算机排出程序并通过有关设备去控制天线, 对目标进行跟踪。

时分指令同步方式

time-division command synchronization

在按时间区分指令的遥控系统中, 由于指令发送端和指令接收端不在同一地点, 因此必须采用一定的措施使发送端和接收端的时分开关同步工作, 这种措施称为时分指令的同步方式。

一般说来, 时分指令的同步方式有三种: 硬性同步, 循环同步和按步同步。

硬性同步

mechanical synchronization

指令发送端和指令接收端的时分开关用机械联接使其同步的方法称为硬性同步。但实际上因发送端与接收端距离较远,这种方法是很难实现的。因此通常是利用交流电网相位同步方法使发送端和接收端时分开关同步运动。

循环同步

around synchronization

用分设在发送端和接收端的两部独立的脉冲源分别驱动发送端和接收端的时分开关,如果两脉冲源产生同频、同相的振荡,这样发送端与接收端的时分开关就能同步工作,这种同步方式,称为循环同步。

按步同步

step by step synchronization

用公共的脉冲发生器产生的脉冲来控制发送端和接收端的时分开关,使其同步工作,这种同步方法称为按步同步。

指令单发方式

command single sending

在发送指令的时间内,一条指令只发送一次,使被控对象完成一次动作,称为指令单发方式。在有指令精度要求的场合,就只允许指令单发。

指令重发方式

command repetition sending

在指令遥控系统中,为了减小漏指令概率,提高可靠性,往往要求在发送指令的时间内,一条指令发送多次。这种指令发送方式称为指令重发方式。当被控对象收到其中一次或规定的次数以上就完成一次动作。

指令连发方式

command continual sending

一条指令在比较长的时间内连续地发送叫指令连发方式。在调试遥控设备时,为了便于观察各个部件的工作状态,常常需要指

令连发。

指令隐蔽发送方式

command secret sending

为了提高指令系统的保密性和抗干扰能力,指令系统往往采用隐蔽发送方式。这种方式要求指令载波断续地、非周期性地、短时间地向空间辐射,以保证载波辐射的隐蔽性。

故障切换

disturbance switching

为了提高可靠性,遥控系统往往采用双套设备。例如用甲乙两台遥控发射机,甲台工作,乙台备份,如果甲台出了故障,则立即由乙台工作。甲台工作转换到乙台工作的这个过程是人工操作的叫做故障人工切换;由电子设备自动进行切换的叫故障自动切换。

反馈比对指令遥控系统

feedback comparison command remote control system

它是具有返回校验的系统。它除了一般指令系统所包括的发送端、接收端和传输指令的信道(即上行信道)之外,还具有下行信道和比对设备(如计算机等),比对设备放在发送端。其工作过程大致如下:

将控制指令发送到接收端,接收端将此指令存储起来,同时通过下行信道向发送端发送识别信号(即反馈指令)。比对设备将发送指令和反馈指令进行比对和计算,从而判别接收端所收到的指令是否正确。如果正确,比对设备输出“执行”信号,发送端发出执行指令,使接收端执行机构动作。如果是错误的,比对设备输出“重发”信号,使发送端重发控制指令(或先发“清除”指令,把接收端原先存储的指令清除掉,然后再重发控制指令)。这种指令系统能够纠正错误,提高指令传输的可靠性。

自适应指令接收技术

self-adaptation command receiving technique

自适应指令接收技术就是接收端能按给定的准则对系统性能进行连续测量, 同时又能通过某一部件对可调参数自行调整, 使接收系统的性能满足给定的指标。自适应指令接收技术分单向式和双向式两类: 所谓单向式即自适应接收指令技术在单向信道上实施; 而双向式是指其在有反馈的信道上实施。

被控端

controlled station

见“执行端”。

执行设备

actuating equipment

执行设备是遥控系统的组成部分, 用来变换接收到的指令信号, 并直接作用到被控对象的执行机构上。执行设备的组成取决于被控制的参数和被控对象的特性。

执行逻辑

actuating logic

在采用大回路返回校验方式的指令遥控系统中, 当所发指令经遥测信道验证无误后, 由发送端发一执行指令, 原来存储的控制指令才执行。通常, 为了提高执行设备的可靠性及保密性, 执行指令并不是收到译出后立即执行, 而是要按一定逻辑关系进行选通, 并且使其他有关的逻辑关系都符合之后才执行。这种逻辑关系称为执行逻辑。

制导

guidance

对按一定导引规律运动的被控对象进行远距离控制称为制导, 即控制与导引, 以表示与一般所说的控制概念有所区别。被控对象主要是导弹和飞船等。

依照制导所使用的能源和传输方式不同, 分为有线制导、无线电制导、红外制导、激光制导等。

按其工作原理的不同, 制导方式分为:

指令制导 (或称指令控制、指挥制导), 波束制导 (或称波束导引、驾束制导), 寻的制导 (或称自动导引、自动寻的、自动瞄准), 自主制导 (或称自备制导、自足制导), 组合制导 (或称组合控制) 等。

主动段制导

powered phase guidance

导弹从发动机点火开始飞行, 至燃料耗尽或按规定程序发动机关车为止, 这段飞行过程为动力飞行段, 也叫主动段。在这一过程中对导弹进行的控制称为主动段制导或遥控。主动段制导的任务包括对导弹飞行轨迹的控制和安全自毁控制。在主动段制导时, 指令信号将受到火箭喷焰造成的干扰与衰减的影响。

被动段制导

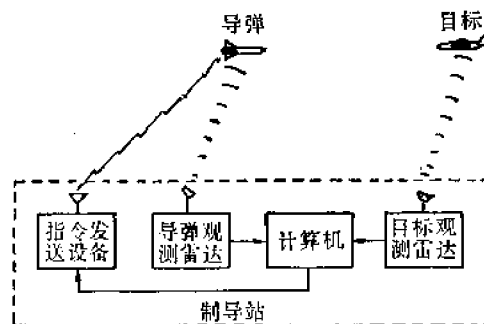
postboost guidance

弹道导弹在发动机关车后的飞行轨迹称为被动段, 在被动段对弹道导弹飞行轨迹的控制称为被动段制导。由于被动段又分中段和末段, 故这两段的制导又分别称为中段制导和末段制导。

指令制导

command guidance

利用指令遥控系统来实现对导弹等的控制称为指令制导。它的特点是由制导站产生指令, 通过指令传输设备将该指令传给导弹。下面以一个无线电指令制导系统 (如图



指令制导示意图

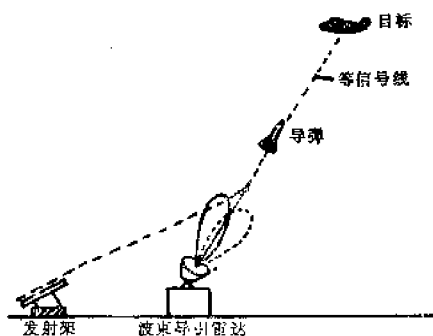
所示)为例,来说明指令制导的工作原理。

目标观测雷达和导弹观测雷达分别对目标和导弹的运动参数(坐标、速度等)进行观测,并将这些参数送给计算机。计算机根据选定的导引方法给出控制指令,通过指令发送设备传到导弹上。弹上接收设备将指令接收并解调出来,经过自动驾驶仪和舵机,去控制舵面的转动,以改变导弹的飞行轨迹,保证导弹命中目标。

波束制导

beam-rider guidance

由雷达设备或光学设备在空间形成一条波束,弹上接收设备能判断出导弹是否处在这条波束的中心线(等信号线)上,当偏离等信号线时,接收设备输出一控制信号去控制导弹的运动,使导弹回到等信号线上。目标运动时,波束也可跟随运动,这样就能保证导弹沿着波束击中目标。这种制导方法,叫做波束制导。有时也叫波束导引或驾束制导。雷达波束制导如图所示。



雷达波束制导示意图

寻的制导

homing guidance

依靠由目标辐射或反射的能量,借安装在导弹上的设备,保证把导弹按一定导引规律引向目标的制导方法称为寻的制导。它又叫自动导引或自动寻的。其辐射或反射的能量可以是无线电的、红外的或激光的。

它与指令制导、波束制导方法的不同点在于:寻的制导时,制导站只起辅助的作

用,保证导弹发射、目标选择、有时作为照射目标的能源。按照寻的制导应用的能源所处的位置,寻的制导分为主动、半主动和被动三种。

自动导引

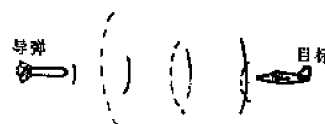
homing guidance

即“寻的制导”。

主动寻的制导

active homing guidance

所谓主动寻的制导,是指照射目标的初始能源位于导弹上,由弹上制导系统利用从目标反射回来的能量对导弹进行制导,如下图所示。其优点是能独立工作,缺点是弹上设备复杂。

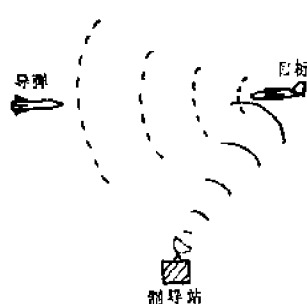


主动寻的制导示意图

半主动寻的制导

semi-active homing guidance

半主动寻的制导也是利用从目标反射回来的能量对导弹进行制导,但照射目标的初始能源不在导弹上,而是在地面制导站,如下图所示。



半主动寻的制导示意图

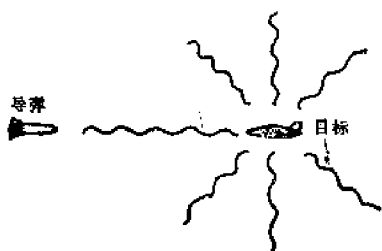
很显然,与主动寻的制导相比,弹上无照射目标的初始能源发射机,因此,设备简单。同时因初始照射能源位于制导站,故发射机受体积重量限制较小,可以使发射机功

率更大, 天线方向性更强, 从而使寻的制导距离加大。缺点是需制导站参加工作。

被动寻的制导

passive homing guidance

被动寻的制导, 是利用从目标直接辐射出来的能量对导弹进行制导。如图所示。这



被动寻的制导示意图

种制导方法的优点是弹上设备简单, 同时因导弹本身不需向目标辐射能量, 保密性、抗干扰性强。缺点是需要依靠目标辐射的能量才能工作, 故工作的可靠性受到限制。

自主制导

self contained guidance

自主制导的全部设备均装于导弹上, 导弹在发射后引向目标的整个过程中, 制导作用的完成, 既不与制导站也不与目标发生联系, 这种制导方式称为自主制导。程序陀螺制导、天文导航及惯性制导等均属于自主制导。

程序陀螺制导主要由陀螺自动稳定装置与形成预先规定的指令信号程序装置来实现。当无程序指令信号时, 陀螺自动稳定装置使导弹作直线飞行; 当有程序指令信号时, 此信号通过陀螺自动稳定装置使导弹按程序指令信号作相应的飞行。

所谓天文导航就是采用对某一星体作方位跟踪的方法, 使导弹的飞行沿天体地理位置(某一天体位于地球表面上的一个已知观察点的天顶称天体地理位置)的追逐曲线实现。天文导航系统的主要部件是望远镜。借助于望远镜对预先选定的星体(如金星、火

星、北极星等)进行自动跟踪, 星体的图象投射到望远镜的光敏元件上, 在光敏元件的输出端产生误差信号, 用此信号去控制导弹的执行机构, 改变导弹的飞行方向。

惯性制导工作原理是基于对导弹在南北方向的加速度及东西方向的加速度信号进行二重积分, 由积分的结果得到速度值及飞行距离。若已知导弹发射地理位置及上述二值就能确定导弹在导引过程中任何时刻的实际位置。根据实际位置与程序给定位置之差, 形成控制信号, 以控制导弹的运动。这种制导方式称为惯性制导。

组合制导

combined guidance

指令制导、波束制导、寻的制导、自主制导等各种方式各有优缺点。为了更好地发挥各种制导方式的优点以满足战术要求, 有时候就需要把几种制导方式联合起来使用。这种制导方式就叫组合制导。

根据联合方式的不同, 组合制导又分为串联组合制导和并联组合制导。

串联组合制导就是在导弹飞行过程中, 制导方式是依次由一种方式过渡到另一种方式。例如地-空导弹飞行的开始段采用自主式制导, 中段采用无线电指令制导, 而终段接近目标时采用寻的制导。有时将中段采用的制导称为中段制导, 末段采用的制导称为末段制导。

并联组合制导就是在同一飞行时间内同时采用几种制导方式。

有线制导

wire link guidance

对于飞行距离较短和机动范围较小的飞行器, 可以利用飞行器拖曳的导线, 将控制飞行器运动的控制信号由制导站传送到飞行器上去。由于它有传输控制信号的导线, 故相对于无线电制导而言, 称它为有线制导。如反坦克导弹常采用这种方式。

其主要优点是设备简单,抗干扰能力强。缺点是作用距离短,一般只能几公里。

无线电制导

radio guidance

利用无线电技术来实现对被控对象运动的控制称为无线电制导。被控对象主要是导弹。

无线电制导包括无线电指令制导、无线电波束制导、无线电寻的制导和无线电自主制导等。

红外制导

infrared guidance

利用红外技术实现对导弹运动的控制称为红外制导。红外制导一般为被动式寻的制导。

在红外制导设备中如装有以角速度 ω 旋转的调制盘,当红外线来自正前方时,光点投射在调制盘中心。当红外线偏离正前方时,光点不投射在调制盘中心。从光点投射在调制盘的位置,便可以判断目标对红外线设备的光轴的偏差方向。以此偏差来形成控制信号,使导弹对准辐射红外线的目标。

激光制导

laser guidance

利用激光技术实现对导弹运动的控制称为激光制导。它可以采用主动式或半主动式进行工作。

由于激光波束可以作得很窄,因此跟踪精度比较高,抗干扰能力比较强,从而提高了导弹的命中率。但因激光易受云、雾、雨的吸收,故在恶劣气候条件下的使用受到限制。

音响制导

sound guidance

利用目标发出的或反射的声波对被控对象进行控制,称为音响制导。原理上与无线电制导类似。常用在鱼雷上,以攻击水面或水下舰艇。

地磁制导

terrestrial magnetic guidance

地球象是一个大的球形磁体,磁场分布于地球的表面,就好象地球中心有根短磁棒一样。利用地球磁场特性来实现对导弹的制导称为地磁制导。

例如,若知道目标的磁方位并把这个磁方位引进导弹制导系统,那么,当导弹弹道偏离这个方位时,就会在制导系统中产生误差信号。用此误差信号来改变导弹的方向,消除误差,这样就达到了制导的目的。

无线电引信

electronic fuse, radio proximity fuse

利用无线电设备使导弹战斗部(或炮弹、炸弹等)起爆的装置叫无线电引信。

无线电引信必须在导弹接近目标的过程中,找一最佳时刻,发出起爆信号,使战斗部爆炸。这个最佳时刻是由战斗部的特性、导弹与目标的性质等决定的,它能使导弹战斗部发挥最大的威力,有效地摧毁目标。

无线电引信还必须保证导弹在勤务处理(如搬运、装卸、储存以及发射前的准备等)中的安全。要保证导弹在发射后,离发射点有相当距离时才可能爆炸。

如果当导弹发射后由于某种原因未能与目标相遇,则必须在适当时间内,由引信时间机构给出起爆信号,使战斗部自行爆炸。

飞行路线

flight path

导弹在发射之后,按照一定的导引规律把它导引到接近目标,进而追击目标,并保证在适当的距离上使引信动作命中目标为止,在这一过程中,导弹所经过的路线称为飞行路线。

在研制制导系统中,最重要的问题之一就是选择最好的飞行路线,一般应当选择比较平直的较好。这是因为:飞行距离一定时,路线愈直,到目标的路线就愈短,总的

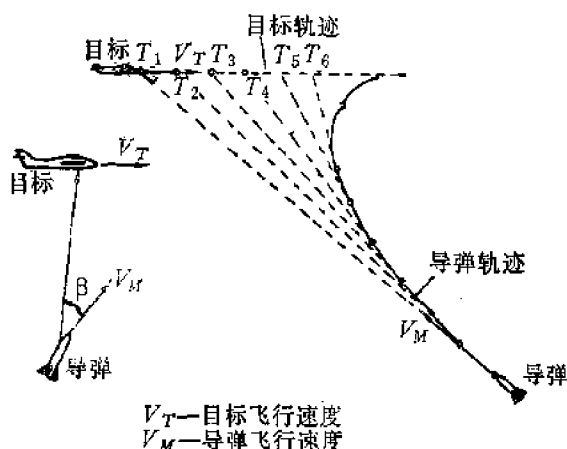
飞行时间就减少,对发动机的要求就降低,若其他条件相同,战斗装药可以增加,使导弹威力增大。飞行路线愈直,对导弹机动性的要求就愈低。但是,飞行路线较直,一般来说,相应的制导系统的设备较为复杂。

飞行路线与采取的导引方法有关。导引方法分:追逐曲线法、平行接近法(逐次前置法)、比例导航法、直接瞄准法、三点一致法等。

追逐曲线法

pursuit course

导弹在整个飞行过程中,其速度矢量永远指向目标,或者说其前置角 β (导弹至目标之间的连线与速度矢量的夹角)总是趋于零(见图),这种导引方法称为追逐曲线法。



按追逐曲线法导引时的示意图与飞行路线

这时,整个制导系统的任务就在于不断地测出前置角 β (即控制误差),形成与前置角 β 成比例的控制信号,然后用此信号去控制导弹的运动,使前置角 β 趋于0。

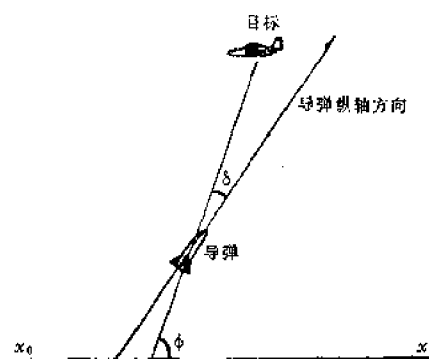
用这种导引方法,导弹的运动轨迹比较弯曲,一般只适合于对付低速的目标,多用于航空炸弹或空中鱼雷对地上或海上目标的攻击。

直接瞄准法

direct aiming

导弹在整个飞行过程中,其纵轴永远指向目标的导引方法称为直接瞄准法。

如图所示,在导弹纵轴偏离目标后,有



按直接瞄准法导引时的示意图

δ 角存在。制导系统的任务就是保证导弹的纵轴对准目标,即使 δ 趋于0。采用这种导引方法时,不需要测出导弹的速度向量,故弹上设备就可以做得比较简单,但制导精度较低。

平行接近法

constant-bearing course

导弹在整个飞行过程中,其速度矢量不是指向目标,而是指向目标前面的某一点(前置点),称为前置角导引法。

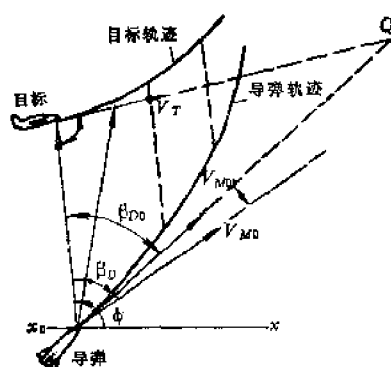
前置角导引法的种类很多,平行接近法就是其中的一种。

平行接近法又叫逐次前置法或定向法。它是这样一种导引方法,当导弹与目标在空中飞行时,要求导弹与目标之间的连线(视线)永远平行移动,即要使角度 ϕ 等于常数。

制导系统的任务就是不断测出控制误差 $\Delta\beta_D = \beta_D - \beta_{D0}$,并形成与它成比例的控制信号去控制导弹的运动,直到控制误差等于零为止,也就是使导弹按所要求的理想前置角 β_{D0} 飞行。如图所示。图中, x_0x ——空中固定参考坐标轴; β_D ——导弹飞行时的实际前置角; β_{D0} ——导弹飞行时的理想前置

角； ϕ ——视线与 x_0x 轴的夹角； V_T ——目标飞行速度； V_M ——导弹飞行时的实际速度； V_{M0} ——导弹飞行时的理想速度； Q ——瞬时前置相遇点（前置点）。

这种导引方法可以得较直的导弹飞行轨迹，故多用于攻击高速度高机动目标 的导弹。不过用这种导引方法，制导系统的设备比较复杂，适合于由制导站进行制导的场合。



按平行接近法导引时的飞行路线

比例导航法

proportional navigation course

在制导过程中，导弹速度矢量的旋转角速度与导弹-目标之间的连线（视线）在空中的旋转角速度成比例。也就是说，导弹速度的方向在空间的变化率 $\dot{\theta}$ 与视线方向在空间的变化率 $\dot{\phi}$ 成比例。基于上述原理的制导方法称为比例导航法。

比例导航法要求满足下列关系式：

$$\dot{\theta} = A\dot{\phi}$$

式中， A 是比例系数。

对上式积分得：

$$\theta = A\phi + \phi_0$$

式中， ϕ_0 是由积分初始条件决定的常数。

当常数 A 在1与 ∞ 之间取不同值时，就得到各种比例导航法。

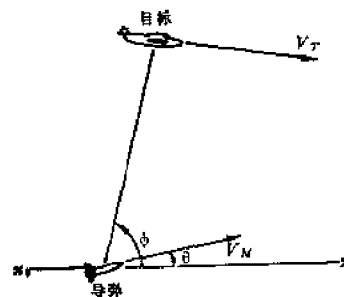
若 $A = 1$ 时， $\phi_0 = 0$ ，则是追逐曲线法。

若 $A = 1$ 时， $\phi_0 = \text{常数}$ ，则是恒定前置角法。

若 $\dot{\phi} = 0$ ($A = \infty$)，则是平行接近法或逐次前置法。

因此，追逐曲线法、恒定前置角法和平行接近法都可看成比例导航法的特殊情况。

上述关系如图所示。图中按比例导航法导引时的示意图； x_0x ——空中固定参考坐标轴； V_T ——目标飞行速度； V_M ——导弹飞行速度； ϕ ——视线与 x_0x 轴的夹角； θ ——导弹速度矢量与 x_0x 轴的夹角。



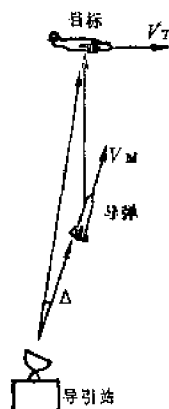
比例导航法示意图

三点法

line-of-sight course

它有如下两种方法：

1. 目标重合法：这种导引方法要求目标、导弹和制导站在整个导引过程中总是位于一条直线上。如图所示。图中， V_T ——目标飞行速度； V_M ——导弹飞行速度。



按三点法导引时的示意图

制导系统的任务,就在于不断地测出控制误差 Δ 角,并形成与 Δ 角成比例的控制信号,用该信号去控制导弹的运动,直到 Δ 角等于0为止,也就是说,直到目标,导弹和制导站三者位于一条直线上为止。

这种导引方法所要求的制导设备简单,但导弹的飞行轨迹比较弯曲,特别是当目标飞行高度比较低时,会使导弹产生很大的横向过载。它适用于一般要求的导弹。

2. 前置重合法:如果在整个制导过程中,使目标的前置点、导弹和制导站总是位于一条直线上,则这种方法就叫做前置重合法或矫直法。与目标重合法相比,采用这种导引方法时,导弹的飞行轨迹比较直,但制导系统比较复杂。

制导系统惯性

guidance system inertia

制导系统是由很多部件组成的,有电气元件、机械元件、继电器等。它们的动态特性都是有惯性的,导弹弹体也具有复杂的动态特性。由这些部件组成的闭合制导系统是个有惯性的系统,这个惯性叫做制导系统惯性,它对制导精度有影响。

导引误差

guidance error

在制导系统停止工作的瞬间,导弹的运动轨迹(按某导引规律的理论轨迹)与实际轨迹参数之差,称为导引误差。它用来表示制导回路的精确度。

导弹控制回路与稳定回路

missile control loop and stabilization loop

导弹制导系统与导弹弹体组成的闭环回路,称为导弹控制回路(有时也称大回路)。其中,自动驾驶仪与导弹弹体组成的闭环内回路,称为导弹稳定回路(有时也称为小回

路)。

自动驾驶仪

gyropilot

自动驾驶仪作用有二:一是使飞行器保持稳定姿态,二是由无线电设备(或其它设备)将产生的误差信号通过自动驾驶仪使舵面偏转,以控制飞行器的飞行。在许多情况下,这两种作用是同时存在的。

自动驾驶仪一般由三个基本部分组成:一、敏感元件,最常用的为陀螺,用以感受飞行器相对于重心的转角或角速度;二、放大变换及综合装置,用以放大和综合由陀螺测得的稳定信号和无线电设备(或其它设备)形成的误差信号;三、执行机构,即舵机。

陀螺仪

gyroscope

陀螺仪基本部件主要由以极大角速度绕自身对称轴旋转的物体(转子)及自由支架组成。

陀螺仪具有两个基本特性:1. 陀螺仪如果没有受到外力,则它的转子轴在空间位置保持不变,即具有定轴性;2. 陀螺仪受到外力矩作用后则转子轴以最短的途径倒向外力矩方向,即具有进动性。

位置陀螺

position gyro

位置陀螺具有三个相互垂直的轴,转子轴、内环轴和外环轴,在陀螺上装有传感器(电位器),利用陀螺定轴性可测飞行器的俯仰角、偏航角、倾斜角,以稳定飞行器的飞行。

速率陀螺

rate gyro

具有两个互相垂直的轴,即转子轴和自由支架轴。陀螺仪上装有阻尼器和弹簧,利用陀螺的进动性测出飞行器转动的角速度。

三、遥 测

遥测

telemetry

遥测就是对被测对象的某些参数进行远距离测量。其过程是,首先由传感器测出被测对象的某些参数并转变成电信号,然后应用多路通信和数据传输技术,将这些电信号传递到远处的遥测终端,进行记录、处理及显示等。

在国民经济、科学研究和国防等各部门中,如石油、电力、交通、气象、医疗、城市公用事业、原子能、无人驾驶飞机、导弹、卫星、飞船等,或由于距离远,或由于分散,或由于其他特殊原因,人们无法接近被测对象,都需要通过遥测来了解和监视对象的工作情况。采用遥测技术,可以提高各部门的自动化程度,改善劳动条件,提高劳动生产率,节省人力,提高管理调度质量等。

遥信

remote signalling

对远距离被测对象的工作极限状态进行远距离测定称为遥信。被测对象的工作极限状态是指被测对象是否工作或者工作是否正常,如机器的启停状态、阀门的开关状态、超过额定范围的工作状态等,而不是表示工作状态的参数的数量。

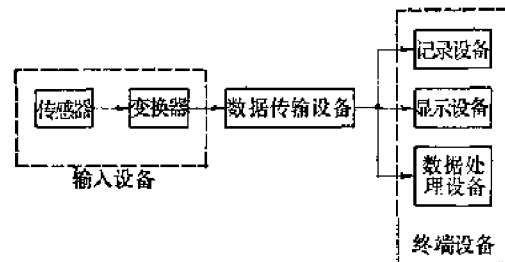
遥测系统

telemetry system

遥测系统是用来对远距离被测对象的某些参数进行测量、分析处理和显示记录的一整套设备。

遥测设备一般由输入设备、数据传输设备和终端设备三部分组成,如图所示。

1. 输入设备,包括传感器和变换器。



遥测设备方框图

2. 数据传输设备:将从输入设备来的信号进行远距离传输。它一般包括发送端的路信号调制综合器、通信设备(有线通信设备或无线电通信设备)和接收端的分路解调器等。

3. 终端设备:对接收到的信号进行显示、记录和数据处理的设备。

遥测参数

telemetry parameter

遥测参数是指通过遥测系统进行测量和传送的被测对象的参数。大致可分为:

1. 模拟参数:其大小随时间连续变化的物理量。例如温度、压力、流量等;

2. 数字参数:以数字形式为其特征的参数。例如计算机字、数字式加速度表的输出等。有些模拟参数也可以先变换为数字参数再输入遥测系统;

3. 事件参数(开关参数):它表示某个事件是否发生。例如发动机点火、关机,阀门或开关的通断状态等。在遥信和遥控中传送的多为事件参数。

容量

capacity

容量是衡量遥测系统传递遥测参数能力

大小的指标,它等于系统路数与各路所能传递的信号频带之乘积。也就是说,路数越多,自各路能传递信号的频带越宽,则该系统的容量越大。

容量 S 有如下关系式:

$$S = n \cdot \bar{F}_{f, \max}$$

式中 n ——系统路数;

$\bar{F}_{f, \max}$ ——各路信号频带的平均值。

当各路信号频带不一样时,

$$\bar{F}_{f, \max} = \frac{\sum_{j=1}^n F_{f, j, \max}}{n}$$

式中, $F_{f, j, \max}$ 为第 j 路可以传递的信号频带。

当各路信号频带相同时,

$$\bar{F}_{f, \max} = F_{f, \max}$$

抗干扰度

noise immunity

在内部和外部干扰的作用下,无线电遥测系统仍旧能够在所规定的条件下保持技术指标的能力,即系统抵制有害干扰的能力,称其为抗干扰度。

对于模拟系统,当输入信号噪声比一定时,可用输出信号噪声比的大小表示抗干扰度的好坏。对于数字系统,则用输入信号噪声比一定时的误码率的大小来表示。

常用抗干扰增益 B 来衡量抗干扰度好坏。

$$B = (P_s/P_n)_o / (P_s/P_n)_i$$

式中 B ——系统的抗干扰增益值;

$(P_s/P_n)_o$ ——接收设备输出端的信号与噪声平均功率之比;

$(P_s/P_n)_i$ ——输入端的信号与噪声平均功率之比。

从上式可知,系统抗干扰增益值 B 愈大,表示它的抗干扰度愈好。

交叉干扰

cross talk

频分制遥测系统中,各路信号之间可能会互相窜扰,即在某一路信号的通频带中窜入了其他各路信号的频率成分,这就是交叉干扰。

引起交叉干扰的原因是:1. 调制、放大设备的非线性;2. 滤波器特性的不理想;3. 信号能量实际上不能完全集中在一定的频带内。

路际干扰

inter channel interference

在时分制遥测系统中,每一时间间隔内只传送一路信号,而其他各路信号为零。根据频谱分析,时间上有限的信号,其频谱是无限的,而信号在实际传送时受到设备通频带的限制,就会产生失真,即脉冲的后沿拖长,有可能拖延到其他信道的时间间隔内,从而引起各路间的相互干扰,这种干扰称为路际干扰。

精度

accuracy

接收到的数据与原始数据相符合的程度称为精度。

遥测测量精度用相对误差来表示:

$$\varepsilon = \Delta x / x_m$$

式中 ε ——相对误差;

Δx ——测量参数的绝对误差;

x_m ——参数的最大值。

误差包括系统误差和随机误差两部分。

系统误差

system error

每次测量时,无论在数值上或变化规律上都是固定的误差,称为系统误差。其来源有二:

1. 方法误差:由于测量原理或实现方法造成的固定误差;

2. 设备误差:由于设备特性不理想,如阻抗不匹配、非线性等所造成的误差。

系统误差通常可以采取误差修正或系统

校准的方法加以消除；但有时经修正也不能完全消除，尚有剩余系统误差存在。

随机误差

random error

由于随机因素，如噪声、温度等的影响造成的误差称为随机误差。这种误差值是随机的，但其变化服从一定的统计规律。

随机误差表示的方法很多，在遥测中通常用均方根误差或最大误差表示。

1. 均方根误差：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta x_i}{x_m} \right)^2}$$

式中 Δx_i ——检验测量精度时第 i 个采样值与平均值之差；

x_m ——测量参数的最大值；

n ——采样次数。

2. 最大随机误差：对于正态分布规律的随机误差，通常取三倍的均方根误差为最大随机误差。它表示在测量中测量误差有 99.7% 的概率，在最大随机误差范围内，仅有 0.3% 的概率可能超过或者等于最大随机误差。

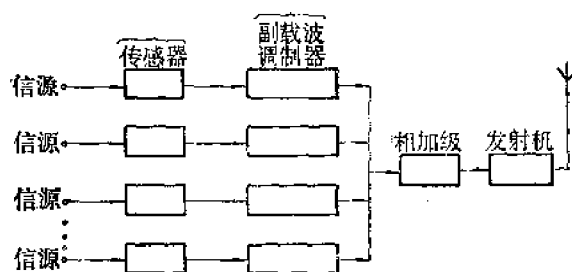
频分制遥测系统

frequency division multiplexing telemetry system

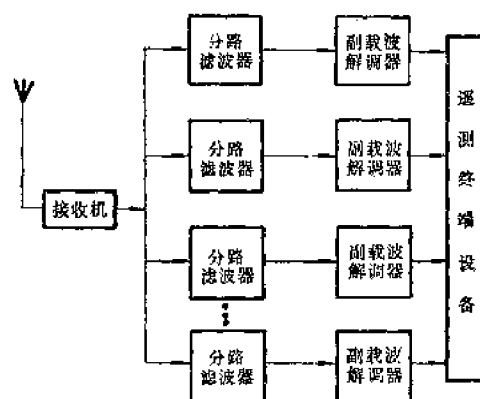
按照频率划分原理构成的遥测系统称为频分制遥测系统。频分制无线电遥测系统的结构如图所示。

在发送端用传感器将要遥测的非电量的参数转变成电量，每个传感器的输出信号通过副载波调制器分别对不同副载波进行调制，形成频谱互不重叠的已调信号，经相加器相加后形成多路信号，再去调制载波发射机，形成载波信号，从天线辐射出去。

接收端收到的载波信号，经接收机放大解调后，恢复成多路信号，加到并联的分路滤波器上。其输出端得到的被分割开的各路



(a) 发送端



(b) 接收端

频分制无线电遥测系统方框图

副载波信号，经过副载波解调器解调，便得到各路信号。最后将各路信号送给遥测终端设备。

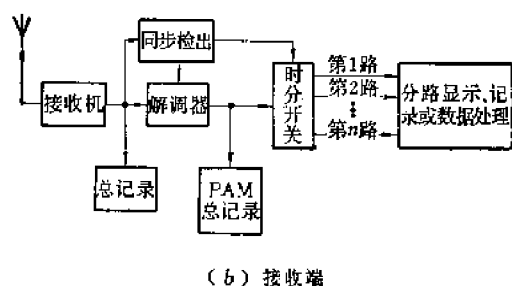
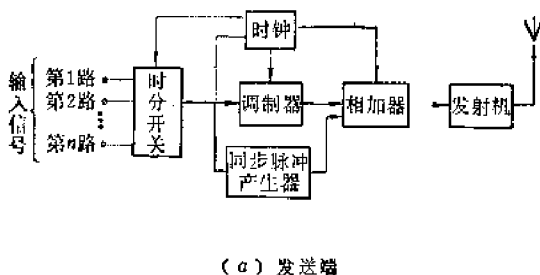
由上可以看出，频分制无线电遥测系统，至少需要进行两次调制：第一次调制为输入信号对副载频进行调制；第二次调制为多路信号对载频进行调制。在频分制中两次调制均为连续波调制，而连续波调制一般有调幅(AM)、调频(FM)、调相(PM)、单边带调制(SS)等四种形式。如果将副载频与载频的调制方式进行不同的组合，则可得出各种各样的遥测系统。在无线电遥测的实际应用中，最常用的是调频-调频(FM-FM)和单边带调频(SS-FM)两种形式。

频分制遥测适用于测量参数变化较快，频率响应较高，遥测参数数量不多和测量精度要求不太高的情况。

时分制遥测系统

time-division telemetry system

按照时间划分原理构成的遥测系统称时分制遥测系统。时分制无线电遥测系统的结构如图所示。



时分制无线电遥测系统方框图

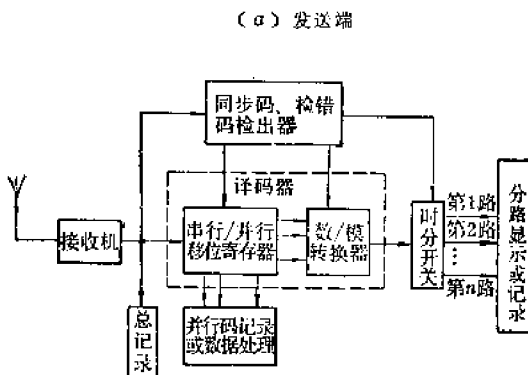
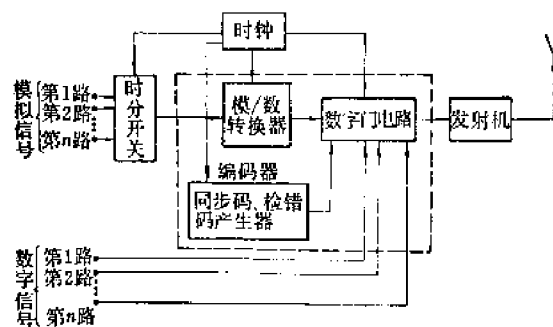
在发送端用传感器将要遥测的参数转变成电量，每个传感器的输出信号通过时分开关进行采样和分路，输出脉冲的幅度与信号瞬时值相等，即输出的是脉幅调制(PAM)信号。在脉幅调制(PAM)系统中，此信号不经过调制器便可直接与同步信号相加；若系统是采用其他调制方式，如脉宽(PDM)、脉位(PPM)或脉码(PCM)调制时，则PAM序列需先送到相应的调制器调制，再与同步脉冲相加，然后送到发射机。

在接收端，接收机输出的多路信号经过解调，恢复成PAM序列，由时分开关进行分路，就可得到各路信号。为了正确区分各路信号，必须使接收端与发送端同步工作。同步检出器就是用来检出同步信号的。

脉冲编码遥测系统

pulse-code-modulation telemetry system

这是时分制遥测系统的一种。其遥测信号以数字形式(通常用二进制码)来表示。一般简称为脉码遥测系统。无线电脉码遥测系统的结构如图所示。



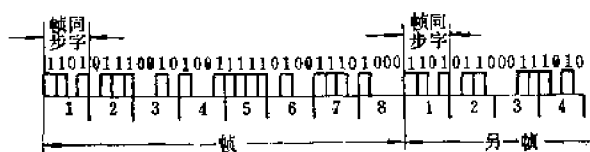
无线电脉码遥测系统方框图

脉码遥测系统的输入信号，可以是模拟量或数字量，或两者并存。模拟信号经过时分开关分路和采样，送到编码器。首先通过模/数转换器转换为二进制码。二进制码和输入的数字信号先在数字门电路里与检错码和同步码相加，然后送到发射机。时钟脉冲用来产生码位同步、路同步(字同步)和帧同步信号。

在接收端，接收机将信号解调成“0”、“1”序列脉冲。同步码检出器检出码位同步、字同步和帧同步信号。检错码检出器检查各个字是否有错。根据使用的不同要求，遥测数据可以用不同形式显示、记录或处理。例如，可以将接收机分离出来的“0”、“1”脉冲序列记录下来，即不经过分路的串行码总记录。

录;也可以将串行/并行移位寄存器输出的并行码进行总记录或数据处理;也可以将经过数/模转换和时分开关分路后的各路模拟数据分别记录或显示。

下图中所示为一个八路脉码遥测信号非归零二进制码波形的例子。其字长有4位。第一路作帧同步字(1101),第二路至第八路可传送七路信号。



脉码遥测信号图例

脉码遥测系统的优点是:精度高、稳定性好、抗干扰能力强、路数多;其数据便于储存、数字显示、记录和处理;可以大量采用数字集成电路,从而做得体积小、重量轻、功耗小、可靠性高。因此,近年来脉码遥测系统愈来愈得到广泛的应用。

副载波

subcarrier

荡,并由输入信号对副载波进行调制的电路单元。在FM/FM遥测系统中,副载波调制器为调频振荡器。

对副载波调制器的要求,主要是中心频率稳定、调制特性线性度好、输出谐波系数小、电路简单可靠且便于与输入设备配合等。

线性相加器

summing amplifier

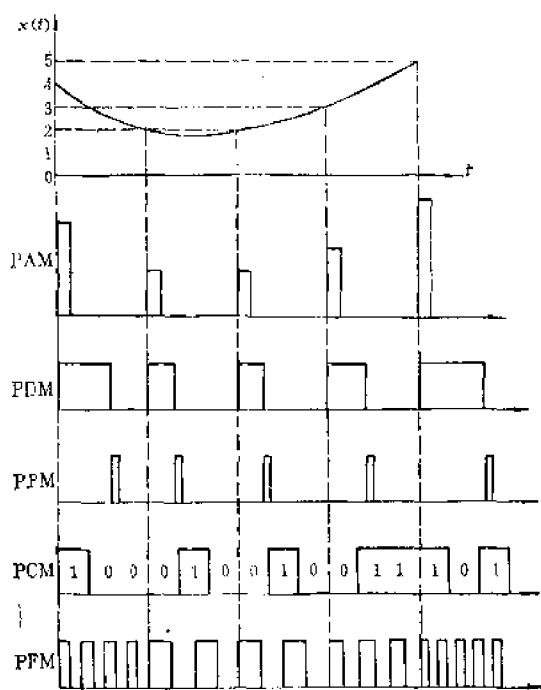
把各路已调副载波信号迭加到一起变成多路信号的设备叫相加器。它又称线性综合设备。对相加器的要求是:只保留原各路信号的频谱,不希望产生新的频率分量(即线性相加),而且衰减尽可能小。常用的电路是电阻相加器。

副载波解调器

subcarrier demodulator

在接收端从已调制的副载波信号中分解出被测信号的电路单元称为副载波解调器。

在FM-FM遥测系统中,副载波解调器就是一个鉴频器。对鉴频器的主要要求是线



脉冲调制型式

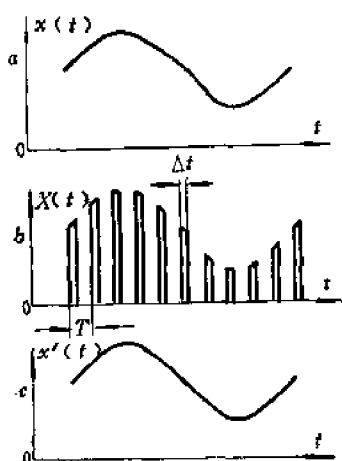
采样

sampling

采样又称取样或抽样。

采样有两种：一种是瞬时采样，另一种是区间采样。

在遥测里，采样一般是指瞬时采样。即取信号很短的一小段样品，目的是为了将来能够从这些样品中，恢复信号的波形，如图所示。



采样示意图

图中波形 a 就是要传送的模拟信号 $x(t)$ ，它的上限频率在 f 以内。波形 b 就是信号采样以后的波形 $X(t)$ 。其中 T 为采样间隔， Δt 为采样脉冲宽度，它比信号最高频率 f 的周期要小得多；其幅度等于采样点信号的幅度；其频率 $F = \frac{1}{T}$ ，称为采样频率。这一系列时间上不连续的离散信号，经过一个低通滤波器，就可以恢复成波形 c 的信号 $x'(t)$ 。

采样频率

sampling frequency

采样频率 F 即单位时间的采样次数。

根据采样定理，一个最高频率为 f 的连续信号，完全可以用时间上相隔 $1/2f$ 秒的一系列离散值来表示。所以采样频率 F 应等于或大于它的最高频率 f 的两倍，即 $F \geq 2f$ 。考虑到实际恢复波形的低通滤波器的特性。不可能是完全理想的，为了正确恢复信号，往往取采样频率 $F = (2.5 \sim 5)f$ 或更高。

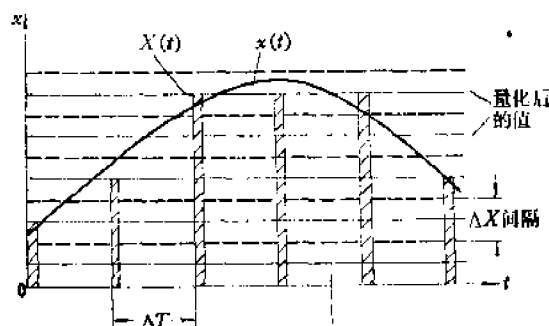
量化

quantization

它又称分层。把本来可以有无穷多个取值的模拟参数用有限个离散值来表示的过程称为量化。

在脉码遥测系统里，要将模拟量变为数字量来传送，除要进行采样得到脉冲序列外，还需要对此脉冲序列进行量化，即模/数转换。

设某遥测输入信号 $x(t)$ 如图所示。经



量化示意图

过采样得到一系列间隔为 ΔT 的脉冲。量化的过程就是把 $x(t)$ 的最大可能值 x_m 分为 m 个等分,每个等分为 Δx ,这时, $x_m = m \cdot \Delta x$ 。

每个采样点脉冲的值不是取其瞬时值,而是取它所在的 Δx 间隔内的中间值,这样就得到量化后的信号 $X(t)$ 。

量化误差

quantization error

量化以后的信号 $X(t)$ 的值不一定等于 $x(t)$ 的瞬时值,最大可能相差 $\pm \Delta x/2$,也就是说,量化引起的最大误差为 $\pm \Delta x/2$ 。其相对误差 δ 称为量化误差。

$$\delta = \frac{\pm \Delta x/2}{x_m} \cdot 100\% = \frac{\pm \Delta x}{2x_m} \cdot 100\% \\ = \pm \frac{1}{2m} \cdot 100\%$$

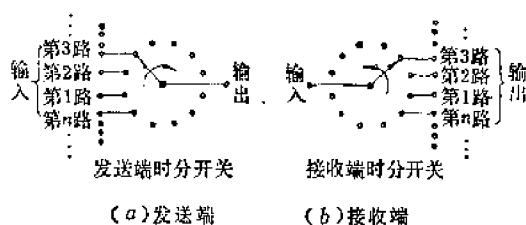
由上可见,间隔 Δx 愈小,误差就愈小。或者说,分层数 m 愈多,误差愈小。

时间划分开关

multiplexer, commutator

这是一种能够按时间顺序依次接通各点的单刀多掷开关。一般简称为时分开关,又叫交换子。它有机械的和电子的两种。

若用在时分制遥测系统的发送端,它可以对多个输入信号依次采样,形成PAM多路信号。若用在系统的接收端,它就是分路设备,即把PAM多路信号按时间顺序分配给各路输出。如图所示。



时间划分开关

对时分开关有以下要求:

1. 开关特性好,即断开时内阻尽量大,接通时内阻尽量小;

2. 路数足够多;

3. 动作速度要满足信号采样频率的要求。

早期使用的有机机械式时分开关(又称步进器或机械交换器)、继电器式时分开关和磁性时分开关(磁性分配器)。前两种是有触点的,开关特性好;但是寿命短,动作速度慢,路数不能太多。磁性时分开关虽然是无触点的,但由于它的开关特性不太好、制作复杂、安装不便等原因,也逐渐被淘汰了。现在广泛使用的是半导体二极管桥式时分开关,也有用三极管时分开关的。场效应晶体管及其集成电路(例如互补场效应组件CMOS),由于它的开关特性好、功耗小、体积小、重量轻、可靠性高,因而得到广泛的应用。

交换子

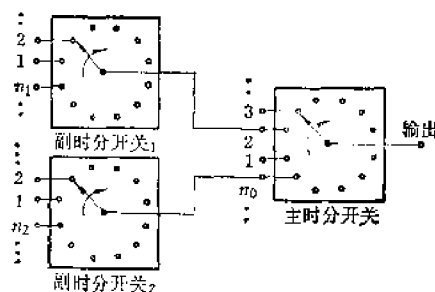
commutator

即“时间划分开关”。

主时分开关

prime commutator

现在常用的电子时分开关多做成8路、16路、32路或64路等。为了解决不同信号要求不同的采样率和增加路数的问题,可以用两个(或更多个)时分开关串联使用,其中一个称为主时分开关,它的某一路(或某几路)不是直接与输入信号联接,而是通过另外一个(或几个)时分开关(称副时分开关)与更多路的输入信号相接。主、副时分开关如图所示。



主副时分开关示意图

主时分开关每转一圈, 接到主时分开关的输入信号就采样一次。也就是说, 主时分开关的输入信号的采样频率等于主时分开关的转速 (n_0); 而接到副时分开关的输入信号的采样频率则等于副时分开关的转速 (n_1 或 n_2)。主时分开关每转一圈, 副时分开关便走一步, 这时,

$$n = \frac{n_0}{n_1}, \quad n' = \frac{n_0}{n_2}$$

即主时分开关的采样率比副时分开关的采样率高 n 或 n' 倍 (n 或 n' 为副时分开关路数)。

副时分开关

subcommutator

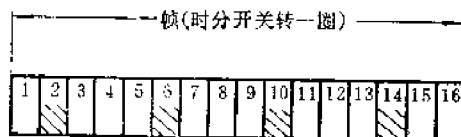
见“主时分开关”。

超倍采样

supercommutation

当某些信号要求其采样频率比时分开关的转速高时, 可以将信号等间隔地接到时分开关的两路或多路上, 从而获得几倍于时分开关转速的采样频率。这种采样方式称为超倍采样。其实质就是超倍交换。

例如, 时分开关转速为 1 次/秒, 路数为 16 路。这时, 若某一信号要求采样频率为 4 次/秒, 则可以安排这一信号在时分开关的第 2、6、10、14 路上 (或第 3、7、11、15 路上)。这样, 时分开关每转一圈, 这一信号便被采样 4 次。如图所示。



超倍采样图例

帧

frame

时分开关转一圈 (动作一个循环), 可将各路输入信号依次传送一遍, 这叫做传送了一帧信号。时分开关有 n 个输入端就是一帧有 n 路。时分开关的转速就是帧频率。

主时分开关产生的帧称为主帧。副时分开关产生的帧称为副帧。

主帧

prime frame

见“帧”。

副帧

subframe

见“帧”。

帧频率

frame frequency

见“帧”。

帧格式

format

帧格式 (或帧结构) 是指各种信号在帧中的编排方式, 它包括主帧信号、副帧信号、同步信号等在帧中的安排。

图中所示为一个帧格式的例子, 每主帧有 8 路, 其中有两路作副帧, 每副帧有 4 路。 $A_1 \sim A_5$ 为主帧遥测参数, 采样率等于主帧频率, $B_1 \sim B_7$ 为副帧遥测参数, 采样率等于副帧频率, 即主帧频率的 1/4。

帧同步字	副帧同步字	A_1	A_2	B_4	A_3	A_4	A_5
帧同步字	B_1	A_1	A_2	B_5	A_3	A_4	A_5
帧同步字	B_2	A_1	A_2	B_6	A_3	A_4	A_5
帧同步字	B_3	A_1	A_2	B_7	A_3	A_4	A_5

帧格式图例

二进制码

binary code

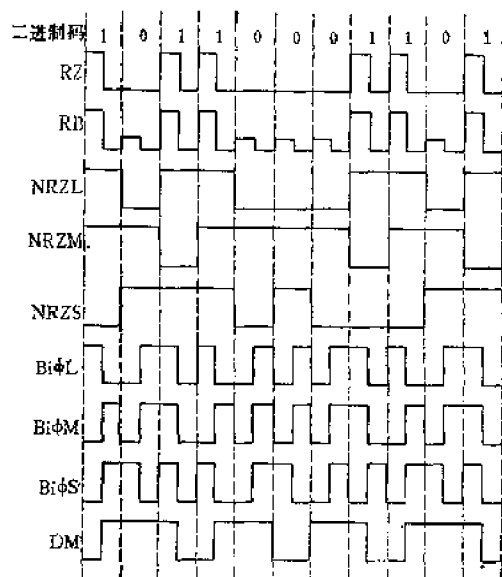
由“0”、“1”两个数字组成的数码, 计数时是逢二进一的, 这种数码称二进制码。

二进制码形式

binary code representation

二进制码形式又称编码基带信号。在脉码遥测中, 二进制码送去调制载波之前, 或在接收端送去记录、处理之前, 有时需要在脉冲波形上作某些变换。常用的形式有以下

几种(见图):



二进制码形式

1. 归零码:

(1) 归零码 (RZ): “1”用半码元宽度的脉冲表示; “0”用无脉冲表示。

(2) 归偏压码 (RB): “1”用半码元宽度的一个电平脉冲表示; “0”用半码元宽度的另一个稍低电平脉冲表示。

2. 非归零码 (NRZ):

(1) 非归零电码 (NRZL): “1”用一个电平表示; “0”用另一个电平表示。

(2) 非归零传号码 (NRZM): “1”用电平改变表示; “0”用电平不变表示。

(3) 非归零空号码 (NRZS): “1”用电平不变表示; “0”用电平改变表示。

3. 双相码 (Biφ) 或裂相码 (分相码) (Sφ):

(1) 双相电平码 (BiφL 或 SφL): “1”用 10 表示; “0”用 01 表示。

(2) 双相传号码 (BiφM 或 SφM): 每个码元都用 01 或 10 表示。若前一码元是 01, 则后一码元为 “1” 时用 10 表示; 为 “0” 时则用 01 表示, 即相位不变。反之, 若前一码元是 10, 则后一码元为 “1” 时用 01

表示, 为 “0” 时用 10 表示。

(3) 双相空号码 (BiφS 或 SφM): 每个码元都用 01 或 10 表示。若前一码元是 01, 则后一码元为 “1” 时相位不变, 仍为 01, 为 “0” 时变为 10。反之亦然。

4. 延迟调制 (DM) 或密勒码 (Miller), 也称窄带调相 (NBPM): “1” 用码元中间有电平跳变, 而起始电平不变来表示。 “0” 的表示法是: 在码元中间无电平跳变, 若前位码为 “1” 时, 则起始电平不变; 若前位码为 “0” 时, 则起始电平跳变。

遥测编码

telemetry code

在脉码遥测里, 要将传送的信号转变成数字码送到信道上去, 这个过程称为编码。完成编码功能的设备称为编码器。

脉码遥测里的编码要解决以下两个方面的问题, 即信源编码和信道编码:

1. 信源编码: 对要传送的信号, 在一定的精度要求下, 用尽可能少的码元数来表示。信源编码着重考虑提高数字信号的有效性。模/数转换器就是实现信源编码的一种最常用的设备。数据压缩也属于信源编码。

2. 信道编码: 信源编码后的数字信号一般还不能马上送入信道, 还要人为地按一定规则增加一些多余的数字, 以提高传输的可靠性, 这就是信道编码, 也叫抗干扰编码。例如, 为了提高抗干扰性, 则需增加一些检错码或纠错码; 为了实现保密, 则需增加一些密码; 为了实现同步, 则需加入同步码等等。

最常用的检错码是奇偶检错码, 常用的尚有分组码 (汉明码、循环码、正交码) 和卷积码等等。

差错控制

error control

差错控制是数字遥测、数字通信中提高抗干扰性的一种方法。

从系统结构和编码方式两方面考虑,如何检查和纠正错误以达到正确接收的方法,称差错控制。

差错控制的基本思想是:在发送端按事先规定的方式,在数据码中间插入一些多余的码位,接收端根据这些多余的码位来检出或纠正数据码中的错误。

差错控制有以下几种类型:

1. 自动纠错或前向纠错 (FEC)

发送端发送能够纠错的码,接收端收到信号以后,自动纠正传输中的错误。这种方式的优点是能单向传输,不用反馈信道。但是译码设备比较复杂。

2. 判决反馈或反馈重发 (ARQ)

由发送端发出能够检测(发现)错误的码,接收端判决传输中是否有错误产生,把判决结果通过反馈信道送回到发送端,发送端根据判决信号把接收端认为是错误的码组再次重发,从而达到正确接收信息的目的。这种方式可应用检错能力很强而多余度不多的码,但需反馈信道,而且信息连贯性较差。

3. 混合纠错 (HEC)

这是一种自动纠错和判决反馈结合使用的方式。发送端发送同时具有自动纠错和检错能力的码,接收端收到码组后,如果错误在码的纠错能力的范围以内,则自动地进行纠错,如果错误超过了码的纠错能力,但能检测出来,则经反馈信道,请求发送端重发接收端认为是错误的码组。

4. 信息反馈

这种方式是把接收到的信息原封不动地通过反馈信道送回到发送端,发送端把反馈来的信息与原来发出的信息相比较,从而发现错误,并且把出错的信息纠正后再次传输,以达到正确接收信息的目的。

数据压缩

data compression

在脉冲遥测系统中,被测参数的采样值

并非都是有效的。因为采样率的选择总是按照参数可能出现的最高频率来确定,而实际参数的变化频率并不都是经常达到其最高频率,采样值之间并不是统计独立的,而且出现的概率也不一样,因此有些采样值,就可以依据采样值之间的相关性,而从其它的采样值以一定的准确度估计出来,从而取消某些采样点,或者根据参数实际变化的频率,改变采样率。采样值的编码长度也可以根据其出现概率的大小而增减。这样就减少了实际传输的数据量,但又不丢失信息,这就是数据压缩。因此,应用数据压缩技术,能减少在给定时间内,传送的信息量所需的功率及带宽。或者说,在给定带宽及功率时,减少传送给定信息量所需时间,但不丢失信息。这样,可以大大减少遥测系统的容量,提高效率。

数据压缩的方法,通常有提取有用参数、自适应采样、减少多余度以及统计编码等几种。

实现数据压缩的关键部件是用以执行压缩运算、数据编辑与缓冲控制的专用计算机。

码组

word

码组又称字。它是由码元按码位数组成的。

码元是组成码组的符号单元。在二进制中码元为2,三进制中码元为3等等。

码位是码组中码元的个数。码位数是码元数目的总和,又称字长。

设码元为 e ,码位数为 n ,则码组数 $M=e^n$ 。

在脉码遥测系统里,根据对精度的要求选择量化的分层数,从而决定码组的长度。

例如,要求误差 δ 小于0.1%的精度,则分层数 $m=1/2\delta=100/2\times 0.1=500$,即分层数为500。在二进制里需要的码组数 $M=2^n\geq 500$,则 $n=9$,即要求码组由9个码

位组成。

编码基数

code base

编码基数又称码元。见“码组”。

码位

symbol

见“码组”。

码速率

bit rate

在脉码遥测系统中, 传送二进制码元的速度称为码速率, 即在每秒钟里传送多少个码元, 常用比特/秒表示, 它表明系统的传输能力。

帧同步

frame synchronization

帧同步是用来判定帧的起始位置的。

实现帧同步的方法, 一般是在发送端用一组特殊码组作为帧同步字, 插入帧内。接收端采用帧同步逻辑检出。

在非脉码的时分制遥测系统中, 还可以用一个特殊宽度或特殊幅度的脉冲, 插入帧中作为帧同步标记。在接收端则用相应的方法检出。

帧同步码

frame synchronization code

用来表示帧的起始位置的特定码组称为帧同步码。

帧同步码的选择, 应使得在有较大误码率的情况下, 从随机数据序列中, 正确识别的概率尽可能高, 而虚假识别的概率尽可能小。

在实际应用中, 一般用伪随机码(PN码)作为帧同步码。

副帧同步码

sub-frame synchronization code

用来判定副帧的起始位置的特定码组叫副帧同步码。

副帧同步码可有各种形式, 如:

1. 每隔若干主帧(副帧周期)插入一组与主帧同步码不同的特殊码组。

2. 每隔若干主帧(副帧周期), 将主帧同步码改为反码。

3. 在每一主帧的某个固定波道上, 安排副帧识别码, 副帧识别码的数值表示该副帧的序号。

伪随机码

pseudo noise code

伪随机码是具有与二元随机序列性质相似的码组。它又称伪噪声码、PN码。

一个真正的二元随机序列, 具有以下三个随机特性:

1. 序列中“1”的个数与“0”的个数接近相等。

2. 把连在一起的“1”(或“0”)称为游程, 其中“1”(或“0”)的个数称为游程的长度。序列中长度为1的游程约占游程总数的1/2, 长度为2的约占1/4, 长度为3的约占1/8……, 在同长度的所有游程中, “1”的游程与“0”的游程约各占一半。

3. 序列的自相关函数的均值(期望值), 在零点为最高, 在离开零点时迅速下降。

伪随机码是具有此三条特性的一部或全部的二元序列。实际运用中, 最关心的是序列的自相关函数在零点处的值要远大于其他地方的值, 以便在相关检测时把它们区别开来。

常用的伪随机序列有巴克(Barker)序列、二次剩余或勒让德(Legendre)序列、最长线性移位寄存器(M)序列、霍尔(Hall)序列、双素数(TP)序列等。

遥测中常用伪随机序列作为同步码组或抗干扰码组。

帧同步逻辑

frame synchronization logic

在编码遥测的接收端, 为了从一大串随机的、有一定误码率的二元序列中获得准确

可靠的帧同步信号, 需要采用帧同步逻辑。

常用的帧同步逻辑为三态逻辑, 即搜索-校核-锁定。在搜索状态, 通过相关检测器, 按给定的准则检出帧同步码组; 在校核状态, 检查相关器检出的帧同步信号是否按预定的周期出现, 以判定相关器检出的正确性; 当校核通过以后, 则转入锁定状态, 逻辑本身自动形成帧同步信号, 并继续监测帧同步码组。

模/数转换

analog-to-digital conversion

模/数转换是指将模拟量转换成数字量的过程。在遥测系统里, 原始数据往往是模拟量, 例如电压、电流、压力、温度、流量等等, 它们都是在时间上连续变化的量。这些模拟量要用脉码形式传送, 就必须采样、编码, 变成数字量。实现这种转换的设备称为模/数转换器。

遥测中的模/数转换的方法很多, 常用的有计数式编码、积分式编码、逐位权衡式编码、电容编码等等。

数/模转换

digital-to-analog conversion

在脉码遥测系统里, 接收端收到数字信号后, 有时要求将某些数字量恢复成模拟量, 如绘制曲线等。这种把数字量转换为模拟量的过程称为数/模转换。实现这种转换的设备称为数/模转换器。

数/模转换的方法常用的有 $2R$ 、 R 阶梯式、加权电阻网络、加权电流式、单值电流式等等。

时钟

clock; timing; programmer

时钟又称为时序产生器、程序装置、定时系统。

它和钟表的作用相似, 但钟表给的是时、分、秒的概念, 而时分遥测系统的时钟给的却是帧频率 (包括主帧频率、副帧频率)、字速率、码速率等等各种时钟脉冲。时钟脉冲

使发送端的时分开关、编码器等协调工作, 能按帧格式将多路信号逐个送出。

一般时钟是由一个高稳定度的振荡器 (如晶体振荡器) 和一系列分频器组成。

载波跟踪回路

carrier tracking loop

在载波调相或调频的遥测系统中, 已调载波的相干解调需要一个与发送载波同频同相 (即相干) 的纯净参考信号。从接收信号中提取参考信号, 并使之能跟踪载波频率和相位的回路称载波跟踪回路。

由于锁相回路具有窄带滤波器的性质, 并能在很宽的范围内捕获、跟踪输入信号频率和相位的变化, 所以载波跟踪回路主要由锁相回路构成。

副载波跟踪回路

subcarrier tracking loop

副载波跟踪回路的作用与载波跟踪回路相似, 用以提取副载波相干参考信号。

由于已调副载波信号的频谱中往往没有副载波频率的分量, 例如移相键控 (PSK), 因此, 一般的锁相回路就不能直接用来提取副载波参考信号, 而必须加以适当地改变。

在锁相回路的基础上加以变态所形成的副载波跟踪回路, 有平方跟踪回路、同相-正交跟踪回路 (即 costas 回路)、判决反馈跟踪回路、数据辅助跟踪回路及混合式跟踪回路等。

相位误差

phase error

系指载波或副载波参考信号的相位, 或者位同步提取回路中形成的位同步信号的相位, 与输入信号相位之间的误差。相位误差直接影响到整个遥测系统的性能。

产生相位误差的原因主要有频率失谐、频率漂移、多卜勒频移、外部与内部干扰等。

相位误差可分为静态相差、动态相差和随机相差 (或称相位抖动)。

相位模糊

phase ambiguity

指参考信号的相位不确定性或多重性。最典型的例子是在脉码-移相键控 (PCM-PSK) 遥测系统中, 用平方跟踪回路或同相正交跟踪回路所形成的副载波参考信号与输入副载波之间的相位关系, 有同相或反相两种可能。在其它场合, 例如, 对分相码或延迟调制 (密勒码) 提取位同步时, 也存在这种相位模糊问题。

由于有相位模糊, 就有可能使码元判决得出相反的结果, 因此在出现这种情况时, 必须采取相应的解模糊措施。

多次调制

multiple modulation

在遥测系统中, 由于传送多路信号, 必须对遥测信号进行两次调制。第一次调制是为了分路, 第二次调制是为了向空间辐射, 进行远距离传输, 这种调制叫做二次调制。有时采用三次调制, 即第一次是为了分路, 第二次为了提高抗干扰性和遥测精度, 以及增加作用距离等目的, 第三次是为了便于辐射。二次调制和三次调制均称为多次调制。

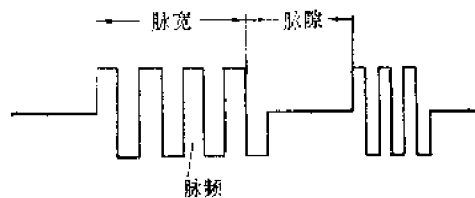
不论二次调制或三次调制, 都可以用调幅 (AM)、调频 (FM)、调相 (PM) 以及各种脉冲调制、振幅键控 (ASK)、移频键控 (FSK)、移相键控 (PSK)、差分移相键控 (DPSK) 等组合来完成。例如二次调制可用脉幅调制-调相 (PAM-PM)、脉码调制-移频键控 (PCM-FSK) 等组合; 三次调制可用脉码调制-差分移相键控-调相 (PCM-DPSK-PM)、脉码调制-差分移相键控-调频 (PCM-DPSK-FM) 等组合。

复合调制

complex modulation

对同一信息运载者的特征参量 (幅度、相位、频率等), 分别用几个信号同时调制, 称为复合调制。例如有三路信号, 分别对脉

冲宽度、脉冲间隙和脉冲重复频率三个特征参量进行复合调制, 如图所示。



复合调制图例

输入设备

input equipment

在遥测系统中, 接在被测对象和数据传输设备输入端之间的设备, 称遥测系统的输入设备。它的作用是将被测的非电量 (或电量) 变换成为数据传输系统所要求的电量。

遥测系统的输入设备, 一般包括传感器和变换器。

传感器

sensor

传感器就是将非电量的变化转换成电量变化的装置。目前应用的传感器, 种类极多。根据工作性质、输出效应的性质, 通常传感器可分为如下两大类:

(一) 参量式传感器 (调制式传感器)。

这种传感器是把各种被测物理量的变化转换成电路参数的变化 (即电阻、电感、电容的变化)。常用的有:

1. 可变电阻式传感器 (电位计式、电阻丝式、热变电阻式);
2. 可变电感式传感器 (差动变压器式、饱和扼流圈式);
3. 可变电容式传感器;
4. 弹性磁式传感器;
5. 变压器式传感器。

(二) 发生器式传感器。这种传感器本身

是一种电能发生器, 可以直接将被测非电量变换为电动势。常用的有:

1. 压电式传感器;

2. 感应式传感器;
3. 热电偶式传感器。

(三) 其它还有光电传感器、伺服传感器、器件传感器等。

对传感器的要求主要考虑精度、灵敏度、变换特性的直线性、可靠性、频率响应、输出电压以及在恶劣条件下能否正常工作等因素。

在遥测系统中, 根据测量用途, 有位置、速度、加速度、振动、压力、温度、应变、流量、宇宙线计数和电压、电流等等传感器。

变换器

transducer

即“变送器”。

遥测终端设备

telemetry terminal equipment

系指接在遥测数据传输设备之后, 用以收集和处理数据的设备。它是遥测系统的最后一个环节, 因此通常称为遥测终端设备。

遥测终端设备的配置与具体的测量任务有关。它通常由数据记录设备、数据显示设备、数据处理设备等三部分组成。

数据记录设备

data recording equipment

将遥测接收到的数据以光、电、磁等形式记录下来, 以便保存作为事后处理用的设备称为数据记录设备。

记录设备分可见记录和不可见记录两种。

笔绘记录器、振子示波器(白炽光、紫外线)、打印机、静电显示仪、光学摄影记录器、电传打字机以及凿孔机等均属可见记录。

磁带机、磁心存储器、磁鼓存储器、半导体存储器及记忆示波器等均属于不可见记录。它们所保存的数据, 可以随时在转换设备的控制下以可见记录的形式再现。

数据显示设备

data display equipment

用来将遥测接收设备所获得的数据, 以可见的形式显现出来的设备称数据显示设备。可以实时显示或在数据处理后显示。显示设备主要用来监视被测对象和遥测系统二者的工作状态。

可见记录设备一般都可用作数据显示设备。显示一般有模拟显示、数字显示和屏幕显示等方式。

速见记录

quick-look record

速见记录一般是指把未经过标度、转换、非线性和零漂校正, 以及运算等数据处理过程的原始数据, 直接送到记录或显示设备, 以便对数据进行实时分析, 使指挥、试验人员能及时发现和处理问题。

速见记录有笔式记录、数字式记录(打印机)、机电式示波器记录(如紫外线记录仪等)和电子射线示波器快速显示记录等。

笔式自动记录仪

pen automatic recorder

笔式自动记录仪实际上是一种普通的记录电表。这种电表用一种轻巧的微型管状墨水笔代替电表指针, 在被测电流的驱动下, 笔将左右偏转, 与此同时, 记录纸被马达带动而做与笔的偏转相垂直的等速移动, 于是, 在记录纸上就画出了被测电流随时间变化的曲线。由于同一张记录纸上可以同时由几个电表的笔并排着画, 因此这种笔式自动记录仪可以同时记录几路信号。

这种记录方法的缺点是: 由于仪器可动部分惯性较大, 一般只能记录慢变信号; 另外, 由于笔尖与记录纸之间有摩擦, 影响记录准确度, 故这种记录方法的准确度一般较低。

振子记录示波器

vibrator recording oscilloscope

振子记录示波器可以同时将多路信号拍摄在胶片或相纸上。

振子记录示波器一般由振子、光学系统、传动系统、摄影系统、自动控制和同步系统、振子电阻调节箱和时标装置等组成。

振子记录示波器的优点是：灵敏度高，适用于记录 10 千赫以下的信号。缺点是：相纸或胶片上的记录结果须经过一定的处理才能显示出来，不能立即看到测试结果，而且记录时间受相纸或胶片长度的限制。

紫外线记录仪

ultra-violet recorder

紫外线记录仪是振子记录示波器的一种，可用来同时记录多路信号，常用的多为十六线。其特点是光源改用紫外线灯泡，相纸上涂层感光于紫外线。因此，紫外线记录仪突出的优点是记录相纸只要在太阳光或日光灯下稍加曝光就立即能显示出记录结果。若为了长期保存，尚需要定影冲洗。另一优点是仪器体积小，携带和使用方便。

电子示波器摄影记录

oscilloscope photographic record

这种记录方法是把电子示波器荧光屏上的迹线，用专门的摄影机拍摄到胶片上。拍摄的方法有两种：一种是阴极射线管不用扫描而由胶片连续走动；另一种是阴极射线管仍用锯齿波扫描，而把不同时间的被测信号在示波器屏幕上展开，胶片与扫描同步地逐帧移动而拍照。这时拍摄和胶片移动要与示波器扫描严格同步。

胶片上记录的型式可分为线式记录与点式记录。

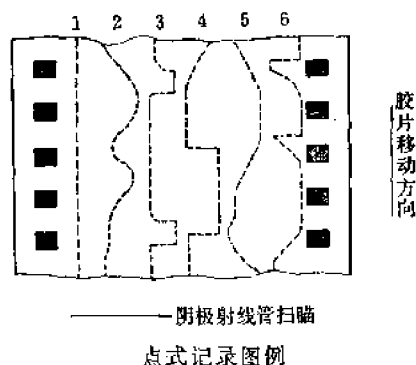
若在同一胶片上同时记录多路信号，则称为总摄影记录，这时输入信号为接收机解调后的多路信号；若仅记录单路被测信号，则称为分摄影记录，这时记录设备输入的信号为接收机分路后各路输出的信号。

点式记录

point record

点式记录是电子示波器记录的一种形

式。它适于记录时分制脉冲序列。记录时，示波管的扫描周期应等于帧同步周期，调位脉冲序列加至示波管的控制栅上，若有脉冲作用时，则荧光屏出现亮点。照像记录设备将亮点记录在以低速移动的胶卷上。这种记录方式称为点式记录。这样，在一个胶片上记录下来的是一帧信号。点式记录的结果如图所示。

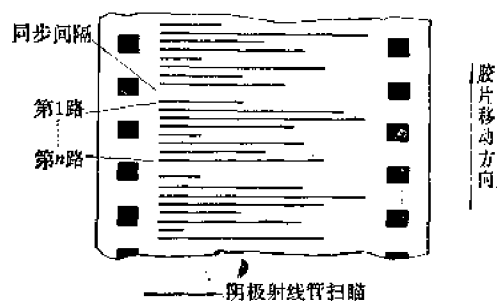


为了提高准确度，可以利用胶片的全部宽度来记录分路后的某一路（或几路）信号。

线式记录

line record

线式记录是电子示波器记录的一种形式。它适于记录时分制脉冲序列。如记录调宽脉冲序列时，在示波管一偏转板上，加有周期为路同步间隔的锯齿扫描电压。在控制极上加调宽信号脉冲，在荧光屏上就显示出长度正比于脉冲宽度的光带。当胶片移动速度为一定时，脉冲就以单个直线形式记录在胶片上。这种形式的记录称为线式记录。因为记录的每路信号，可以利用胶片的全部宽度，所以线式记录准确度高。见图：



直接记录

direct record

输入电信号直接与交流偏磁信号线性相加,然后送给记录磁头,记录在磁带上,这种方法叫直接记录。

调频记录

FM record

将输入信号进行调频后送到磁头,记录在磁带上,这种方法叫调频记录。

饱和记录

saturate record

记录磁头内通过足够大的电流,使磁带饱和,这种记录方法称饱和记录。它常用于记录二进制数据或单路调频信号。饱和记录时不加交流偏磁。

数字磁带记录器

digital magnetic tape recorder

这是一种专门用来记录、重发二进制数码的磁带记录器。它既可用于遥测终端记录设备,也可作为数据处理计算机的外部设备。为了缩短操作时间,通常要求快速启停。大多采用饱和记录方法。

检前磁记录器

predetection recorder

这是记录接收机解调前的中频信号的磁记录器。它一般采用加交流偏磁的方法。

检前磁记录器具有优良的传输特性(线性)和增益稳定性;对调制信号而言,它具有直流响应和不易受“跌落效应”及无线电波衰落的影响;使用检前磁记录器,便于采用如检前分集、选择最佳带宽、相关接收等,从而有利于从噪声中提取微弱的信号。

数据处理设备

data processing equipment

将接收到的遥测数据按测量要求进行析加工的设备称为数据处理设备。

数据处理设备的任务包括:

1. 数据记录形式的变换。例如,把存储

式记录变换为显示式记录,或把连续式记录变换为数字式记录。

2. 数据单位的换算、校准和按一定方程式进行计算,从而得出最后所需要的结果。

3. 将数据印刷成文件。例如,将数据处理结果印成图表曲线等。

根据以上任务,自动数据处理站应具有的基本设备为:数据记录形式的变换设备、数据的重演设备(包括电子显示、摄影设备)、电子数字式或模拟式计算机,以及穿孔、打字、电子自动印刷等设备。

一般数据处理可分为两种方式:一种是实时数据处理;一种是事后数据处理。

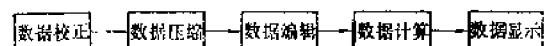
实时数据处理

real time data processing

在遥测系统正常地执行测量任务的过程中,对遥测数据边收集、边处理,这就是遥测实时数据处理或联机数据处理。

通常将那些能有效地表征被测对象工作性能的参数进行实时处理,以便供任务执行者做现场监控用。

遥测数据的实时处理内容与具体的测量任务有关,概括地讲,其工作流程如图所示。



实时数据处理工作流程图

通常这些工作都是在电子数字计算机中进行的。

事后数据处理

off line data processing

对磁记录器记录的遥测数据进行分析加工的过程称为事后数据处理或脱机数据处理。

用电子计算机进行事后数据处理的一般工作流程如下:

1. 磁记录器记录质量的检查;
2. 原始数据的定性曲线显示;

3. 处理程序的编制;
4. 原始数据的校正、剪辑;
5. 计算;
6. 文件编辑整理——结果报告。

事后数据处理分为快速数据处理和最终数据处理。

数据事后快速处理

final data rapid processing

数据事后快速处理是在遥测数据记录下来以后,立即对试验数据进行处理。这主要要求处理速度快,而对数据分析的精确度的要求则是第二位的。

数据最终处理

final data processing

数据最终处理的目的是为了得到精确度高、使用方便的最后结果,而对处理速度的要求则是次要的。处理的结果可以用曲线、表格等形式表示。

实时数据传输

real time data transmission

在某些使用场合,为了可靠地接收被测对象的性能参数,通常为完成一次测量任务需布置多个遥测接收站,而遥测参数的实时处理则只需在指挥中心进行。于是,各遥测接收站必须将所接收到的那些要求实时处理的参数边接收边传输到指挥中心。这种工作方式即为实时数据传输。

实时显示

real time display

实时显示是指在遥测接收过程中,用于及时观察遥测参数的变化过程或监视系统工作状态的显示。

遥测数据处理专用机

special telemetry data processing equipment

作为遥测数据处理用的电子计算机,称作遥测数据处理专用机。

针对遥测数据处理的特殊要求,该电子

计算机与通用电子计算机有下面一些差别:

硬件方面:字长较短;存储容量较大;设置有与遥测系统相连的专用接口;设置有满足整个测量任务要求的通信通道(包括数字通信和计算机通信)。

软件方面:设有专用指令,专用管理程序和专用程序设计语言。

遥测数据处理专用语言

special telemetry data processing language

在用电子数字计算机进行遥测数据的自动化处理过程中,针对遥测系统、遥测参数及其处理的特殊性,着眼于人-机对话的便利和机器效率的提高而创立的一种专用语言。

这种语言由遥测数据处理的专用词汇和计算机程序语言的有机结合而构成。

使用这种语言,从事遥测工作的技术人员,不论其对程序设计有无训练,都能使用计算机来处理遥测数据。

数据剪辑

data edit

将记录下来的遥测数据中需要进行处理的、记录质量较好的部分,按实际要求进行剪裁、编辑,然后加以处理。

遥测设备的校准

telemetry equipment calibration

用标准信号对遥测设备变换特性进行定度的方法叫校准。

校准可分为两种:

1. 预先校准(静态校准):在实际测量以前,在一定的环境条件下测出被测量(输入量)和输出量之间的关系曲线(系统的变换特性)。利用这种曲线即可对所测得的数据进行判读和校准。这种校准称为预先校准。

2. 实时校准(动态校准):为了减少在测量过程中环境条件变化所带来的测量误差,通过遥测系统的一路或几路传送一些标准参考信号(这些信号在接收端连同各种被测量

一同被接收下来),利用这些标准信号即可对被测量进行判读,这种方法叫作实时校准。

时统

timer

时统是时间统一勤务信号的简称。

为了获得遥测数据的时间基准,需要有一个时间座标。当几个系统要协调工作时,也要求有统一的时间基准。为此,需要用一种时间统一勤务信号来提供统一时间基准,这种信号简称时统。

时间统一勤务信号可分为:

1. 模拟时统:即相对时间基准。其形式有分时统、秒时统等,在这类时统中都有统一时间起始识别符号。

2. 编码时统:即绝对时间基准。它以编码方式送出,信息内容包括日、时、分、秒等。

利用时统可以对时标(时标是各系统本身的时间参考基准,用以确定被测量的时间座标)进行修正。

电路质量自动检查设备

circuit quality automatic check equipment

电路质量自动检查设备能及时自动检查遥测设备各部分工作是否正常,并能发现故障部位,以便及时排除。

可编程序遥测

programmable telemetry

这是一种将电子计算机与通常的遥测系统结合起来的遥测系统。它根据实际要求,通过编制程序来确定或改变系统的工作状态,如被测参数的路数、采样率、帧格式、频率、带宽、同步方式、数据处理方法等,因而具有很大的灵活性,对所执行的测量任务有较强的自适应能力,而且不需改变任何硬件只需改变软件就能执行多种遥测任务。由于这种遥测系统所形成的帧格式主要由存储器所存储的程序指令来控制,所以也称为存储程序或存储逻辑遥测系统。整个系统的

工作状态可在事前或在试验过程中,由程序指令或遥控指令改变。

这种系统一般在收发端各有一台起控制作用的电子计算机。该系统的关键设备就是小型低功耗电子计算机。

存储程序遥测

stored program telemetry

见“可编程序遥测”。

存储逻辑遥测

stored logic telemetry

见“可编程序遥测”。

自适应遥测

adaptive telemetry

所谓自适应系统就是指系统能经常地将自身性能与外界要求相比较,不断地自动调整系统本身的参数,以适应外界的需要,并使系统尽量在最佳状态下工作。对遥测系统来讲,自适应包括两个方面,即任务自适应及数据自适应。

任务自适应是指遥测系统能够改变其测量点、采样率、路数、码速率、字长等,使之符合测量对象的实际需要。

数据自适应包括数据压缩和数据分析两方面的内容。

分集遥测

diversity telemetry

分集技术是抗信号衰落以提高接收的可靠性的一种有效措施。它是将携带同一信息的信号,利用不同路径、不同频率、不同时间或不同极化方式加以传送,并在接收端将各支路信号按某种方式加以组合,然后提取信息。如果各支路的信号衰落的互相关性很小,并采用合理的信号组合技术,就能起到互相补偿的作用,最终提高了接收机输出的信号噪声比。

在空间遥测中,由于飞行器的姿态变化或在低仰角接收的时候,会出现信号衰落现象,因此,为了提高遥测的可靠性,也常采用分集接收技术。

四、遥控、遥测应用举例

分散型目标远动系统

remote control system for distributed plants

国民经济各生产部门用的远动系统分为两大类。第一类为集中型远动系统：被控制和被监视的对象集中在一个执行端上（如电力网用远动系统）；第二类为分散型远动系统：被控制和被监视对象至少有几个或分散于直线上（如输油管线、输气管线、铁道、灌溉渠道等），或分散于平面上（如油田、气田、自来水厂、工厂等），或分散于空间（如地下矿井、环境污染监视点等）。分散型目标远动系统由调度端、执行端、信道三部分组成：

调度端（主站）：有一个或几个遥控、遥测、遥信、遥调装置，它们直接或通过交换装置接到一条或几条信道上。交换装置按调度员的意图或者按一定程序把遥控、遥测、遥信装置接通到一条或几条信道上。

执行端（副站）：一个系统里可能有一种或几种不同类型的执行端。

信道：有无线电和有线两种。一般在调度端与执行端距离较远时常采用无线电信道。

电力网远动系统

remote control of electric power system

电力网远动系统，一般包括遥控、遥测、遥信和遥调四个系统（也可能只有其中的三个系统）。

电力系统远动化后，系统调度人员不经电话即能直接掌握各发电厂的电力、系统各主要点的电压、主要送电线路的输送功率、主要断路器的开合位置等，从而提高调度效

率、加快事故处理、减少值班运行人员、提高劳动生产率。

由于现代电力系统的规模越来越大，需要遥测、遥信的对象可达上千个，为满足调度人员监视电网的安全运行，在系统远动化和系统自动调频的基础上发展成自动调度，即实现远距离综合自动化。把电力系统的各种参数和状态信号送入电子计算机，经过处理，给调度人员提供必要的数据和调整的指示，使之随时适应电力系统运行状态的变动，从而达到电力系统最大可能的经济性和稳定性。

电力系统运行数据的遥测与处理

telemetry and data-processing for electrical-power system

它包括两个主要内容：1. 电力系统各级调度部门通过遥测遥信装置，对系统内各发电厂、变电站的运行数据（如发电功率、线路输送功率、母线电压，以及断路器开合位置等状态信号）进行检测；2. 在大电力系统中，由在线运行的电子计算机对这些数据进行实时处理，并将其结果显示于电视屏幕，记录于外存储器中，从而实现事故告警、事故分析及统计制表的自动化。

输油和输气管线监控系统

petroleum and gas pipeline supervisory system

输油管线由首站、末站、油库和一些中间热泵站以及调度室组成。为了输送原油，每站要给原油加热、加压，首、末站还要计量原油流量和库存油量。

输气管线由压气站、调压计量站以及调度室所组成。为了输送天然气，压气站要给

天然气升压, 调压计量站要按额定输气量调整用户供气压力, 并计量流量。

实现输油、输气自动化, 就能适时地完成输油输气计划, 降低动力及燃料耗费等, 并保证设备的安全运行。

输油输气管线自动化系统的被控目标分散、距离远, 并且全线被控目标构成一个统一体, 一处变动正常工艺流程, 往往就要牵动全局。根据这些特点, 监控系统主要由控制中心、远动通信系统、就地集中管理系统组成。

它是一种两级管理系统。在平时, 各站就地集中管理系统 (主要是专用电子设备或小型电子计算机) 根据控制中心给定的参数自行管理本站输油输气设备的运行; 控制中心 (中央控制机) 随时收集各输油或输气站运行情况的数据, 进行遥控, 以便进行全系统的协调平衡。当系统某处发生故障或需改变输油、输气计划时, 控制中心就将遥控、遥调命令下达给就地集中管理系统, 由就地集中管理系统命令执行机构完成动作。

远动通信系统是数据和命令的传递系统。

城市公用事业监控系统

supervisory control system of municipal public enterprises

城市公用事业监控系统包括自来水、煤气、取暖用的热水分配、下水道排水等集中监视控制系统。

集中监视控制系统由监视和控制两部分组成。监视部分常用数字监视和信号灯监视两种方式来监视被监视对象的运行状态; 控制部分用来控制设备的启停和调节设备的运行状态。

例如, 在中央监控室的自来水远距离集中监控系统, 可以监视水厂的水源泵群、各加压泵的启停状况; 可以监视水池水位、出厂水压、流量大小并进行越限报警; 可以控

制加压泵的运转、停止, 调整加压泵的转速, 阀门开闭程度等等。

在城市公用事业监控系统中, 一般被监控的对象比较分散, 信息量较大。各监控系统可根据被监控对象的多少、信息量的大小、信息紧急程度、遥测量的多少、被监控对象的地理分布和通道形式来综合考虑, 选择合适的监控方式和体制。

目前由城市公用事业监控系统向着小型化方向发展。由于计算机的应用, 使监控系统能更及时、可靠、经济、省力和高效率地进行最优控制, 从而能更及时、更经济地调动和使用动力设备, 以适应城市公用事业随着季节、气象、昼夜、节假日等情况对电、气、水供求量变化的要求。

铁路调度集中系统

centralized railway traffic control system

它是一种用于铁路行车指挥工作的分散目标遥控遥信系统。它以车站的集中联锁 (电气集中) 设备和区间 (两车站间的线路) 自动闭塞设备为基础, 对铁路的一个或几个调度区段 (每个调度区段约 150 公里) 实现集中调度。

调度集中系统由以下设备组成: 在调度所内设有供调度员观察管辖区段内车站股道、道岔、信号及列车运行状况的显示盘; 用于发送转动道岔、开放信号等调度命令的操纵台; 用于传送和判别这些遥控遥信信号的调度集中总机; 在各车站设有调度集中分机, 后者通过传输线路与调度集中总机相联接。

采用调度集中后, 可增大铁路区段通过能力 (24 小时内通过的列车数), 保证行车安全, 减少车站工作人员, 提高调度工作效率, 改善劳动条件。

地下铁道遥控遥测系统

subway remote control system

为了提高地下铁道车辆调度与管理的效率和可靠性,无线电遥控遥测技术在地下铁道部门得到了广泛的应用。列车的速度、位置、停、开等重要参数和状态,不断地通过无线电设备送至车站,经过处理记录后转至控制中心(或调度中心)。控制中心的电子计算机根据存入的指令和编好的程序形成指令信号,再传至各站和各个车辆,进行控制,从而实现车辆调度、运行的自动化。这种方法也适用于对地面火车的遥控遥测。

电视发射台遥控遥测系统

television transmitter remote control system

由于电视发射台的高频辐射、噪声和它的地理位置(一般在高山上)使工作人员不便维修,因此,采用遥控遥测系统对发射台实行无人管理。这种系统分为被控端(执行端)和主控端(控制端)两部分。

被控端:它与发射台安装在一起,由遥测(包括遥信)的发射部分和遥控的接收部分组成。其任务是表征发射台工作的重要参数(如功率、末级阴极电流等)经信道传送到主控端,同时接收主控端发来的遥控指令对发射台的工作进行控制。主控端:它安装在监视人员所在的控制中心,由遥控发射部分和遥测接收部分组成。监视人员通过遥测的终端设备(如显示器)可监测发射台的工作。根据要求可发出必要的遥控指令对发射台进行控制(如波段转换、主机备份等)。

这种遥控遥测系统同样适用于微波中继站。

无线电遥测自动气象站

automatic weather station

它是供条件特殊恶劣,无法建立人工气象观测站的地区使用的。它能提供和搜集气象情报、积累各地区气象资料。仪器用热敏电阻、湿敏电阻等传感元件自动测量大气压力、温度、相对湿度、风向、平均风速、最

大风速、累计雨量,发报时有无降水现象等参数;并将测量结果变成电信号,通过发射系统,将信号定时发向距离几百公里的气象中心站。

医用遥测

medical telemetry

医疗事业应用的遥测技术,分为无线与有线两种方式。一般应用较广的有:

1. 对病员的集中监护。在医院内对重病员的脉搏、呼吸、心电图、体温、血压等参数进行遥测以便监护。它不仅用于医院内部,而且也可用于医院与医院之间,利用电话线传送医用数据,供给医生诊断和会诊之用。

2. 对活动对象的生理参数进行远距离测量:如观测心脏病患者在运动时的心电图和人们在体育运动及劳动过程中的各种生理参数。

3. 保健管理:利用遥测观察在恶劣条件下(各种气压、温度、噪声、振动、冲击、加速度等)工作人员的生理参数,以便加强劳动保护措施。

4. 体内电子诊察:应用吞入体内的微型电子内诊器,将测得的参数如温度、pH值、氧气分压、有无出血等数据,通过小发报机向体外发送,由体外的无线电接收机接收和记录。

空间遥测

space telemetry

空间遥测指对弹道导弹、卫星、飞船、深空探测器等空间飞行器的遥测。

在导弹遥测中,被测参数主要是导弹本身的工程参数,包括导弹各部位的温度、压力、振动、噪声、应变、燃料的流量、控制系统的各种参数、飞行器的姿态、电压、电流,以及各种指令等。

对于卫星、飞船及深空探测器,除一般工程参数外,也通过遥测信道传递科学试验数据,如空间的各种射线、磁场以及其它科

学考察的数据。对于载人飞船,还要传送航天员驾驶员的生理参数(如心电图、体温、脉搏、呼吸)。

一般说来,空间遥测系统的容量决定于飞行器的大小及所执行的任务。

空间遥测的共同特点是传输距离远,可从几千公里到几十万公里以上。同时,由于体积及能源的限制,环境恶劣,加上试验费用极高,次数有限,因此空间遥测系统还必须具有高可靠性、高效率、轻重量以及低功耗的特点。

卫星轨道控制

satellite orbit control

使卫星(或宇宙飞船)由一种飞行轨道进入另一种预定轨道的控制称为轨道控制。例如同步轨道卫星发射后,先在椭圆过渡轨道飞行,当卫星到达过渡轨道的远地点时,地面发出轨道控制指令,启动远地点发动机改变原飞行轨道,进入同步轨道。

同步定点控制

synchro-position control

同步卫星进入同步轨道(即静止轨道)后,由于摄动存在,轨道参数将随时间而变化,卫星逐渐偏离同步轨道,这时需要由地面不断地发出遥控指令,开动喷气机构使卫星回到同步轨道上,这一过程称为同步定点控制。

姿态调整指令遥控

attitude regulating command remote control

在轨道上运行的卫星或飞行器,根据不同的用途与作用,须相对于地球或其他基准物在某一时间保持规定的姿态(例如气象卫星的摄像机必须对准地面)。为此,需要由地面遥控设备发出某种指令,控制卫星或飞行器上的相应机构,使其姿态调整到规定的要求,这种遥控称为姿态调整指令遥控。

回收遥控

recovery remote control

某些飞行器在飞行一段时间后,由地面站发出控制指令,使飞行器的全部或一部分返回地面并降落在预定地点,这种控制称为回收遥控。

安全遥控设备

safety remote control equipment

安全遥控设备是靶场安全系统的组成部分。在试飞导弹已确认为故障弹时,由安全遥控指令发射机发出炸毁指令,弹上的指令接收机收到此指令后,接通引爆装置,将故障弹炸毁。

发动机关车控制

stop shutdown control

弹道导弹在主动段飞行中,当速度和速度矢量与地平面的夹角均达到所要求的值时发动机应关机。使发动机关车的控制称为发动机关车控制。

再入遥测

re-entry telemetry

空间飞行器(弹道导弹的弹头、卫星、飞船等)重新返回地面时的遥测称再入遥测。

再入遥测的关键问题是要克服所谓“通信屏障”。当空间飞行器以极高速度再入大气层时,形成了冲激波。冲激波产生的高温使周围气体电离,并使热防护材料烧蚀,因而形成了一个环绕飞行器的等离子体,通常称为等离子套。由于等离子体的高导电性,对电波传播产生了严重的吸收和反射,并引起天线方向图畸变、阻抗失配以及天线击穿等不良效应,从而使无线电信号严重衰减以至通信完全中断,这就形成了所谓“通信屏障”或“黑障区”。

再入段遥控

reentry phase remote control

飞行器从宇宙空间重新进入大气层向地面降落称为再入飞行。在这一过程中对飞行

器进行控制称为再入段遥控。

再入飞行时由于飞行器具有极大的速度，将使外壳周围的大气电离并在飞行器表面形成等离子体，因而使电波衰减极大。为了克服这种影响，需要适当地选择发指令的时机，避开电离最严重的一段高度，并相应地采取技术措施，如加大地面有效发射功率等来完成再入段遥控。

俯冲控制

dive control

在飞航式导弹飞行接近目标时，导弹由平飞改为俯冲的姿态控制称为俯冲控制。

俯冲控制可由无线电指令遥控或弹上自主控制设备实施。

等高控制

equal altitude control

控制飞行器在一定高度(相对地平面)内飞行称为等高控制。

等高控制可由飞行器上的高度表(无线电高度表、气压高度表)或其测高装置(地面雷达站)实施。

等高控制应用于飞机自动驾驶，空中交通管制、导弹制导等方面。

无人驾驶飞机

pilotless aircraft

飞机的运动和完成其他的任务都是由地面上或飞机(母机)上的控制站通过无线电

来操纵，也可以辅以程序机构自动控制。这种飞机称为无人驾驶飞机。

由于机上无人，因此这种飞机可以用来完成一些特殊的和危险的任务，如核爆炸取样、敌方侦察等。

无人侦察机

scouting aeroplane

用以完成侦察任务的无人驾驶飞机称为无人侦察机，其上装有高空照相、电视传真和电子窃听等侦察设备。

遥控战斗机

pilotless fighter

在现代战争中，由于防空武器的效能日益增强，为了减少飞行员的损失，发展了无人驾驶战斗机，即遥控战斗机。在这种飞机上装有机炮、火箭和导弹。控制站(装在母机或地面上)的驾驶员依靠电视系统，可以操纵遥控战斗机与有人驾驶的敌机进行战斗。

遥控靶艇

remote control target-boat

在对海面机动目标的实弹射击训练和武器系统鉴定中，常使用无线电遥控的小艇作为靶艇，这种靶艇称为遥控靶艇。此时，遥控系统能对靶艇的前进、倒退、航向进行遥控。

A

B

beam-rider guidance	20-41
binary code	20-54
binary code representation	20-54
bit rate	20-57
controller	

c

computer control of narrow strip hot-rolling

mill	20-28
computer control system	20-16
constant-bearing course	20-44
constant value control	20-11
continual command	20-34
control algorithm	20-15
control device	20-22
control valve	20-23
controlled plant	20-3
controlled station	20-40
controlled variable	20-3, 20-4
controller	20-20
criterion of control quality	20-9
cross-correlation command receiver	20-38
cross talk	20-48

D

data compression	20-56
data display equipment	20-60
data edit	20-63
data-logger	20-23
data processing equipment	20-62
data recording equipment	20-60
decoding matrix	20-36
degree of decay	20-10
derivative time	20-21
digital command	20-34
digital magnetic tape recorder	20-62
digital-to-analog conversion	20-58
direct aiming	20-44
direct digital control system (DDC)	20-16
direct record	20-62
discontinuous control system	20-12
discrete command	20-34
disturbance	20-4
disturbance switching	20-39
dive control	20-69
diversity telemetry	20-64
dynamic accuracy	20-10
dynamic compensating device	20-22

E

electronic fuse	20-43
electronic modular system for automatic control	20-19
electro-pneumatic converter	20-19
encoding matrix	20-36
equal altitude control	20-69
error control	20-55
execution command	20-35
extremum control system	20-14

F

feedback	20-3
feedback comparison command remote control system	20-39
feedback control system	20-3
feedforward control	20-11
final data processing	20-63
final data rapid processing	20-63
fixed set-point control	20-11
flight path	20-43
FM record	20-62
format	20-54
frame	20-54
frame frequency	20-54
frame synchronization	20-57
frame synchronization code	20-57
frame synchronization logic	20-57
frequency response	20-5
frequency code	20-36
frequency division multiplexing telemetry system	20-49

G

group control	20-30
guidance	20-40
guidance error	20-46
guidance system inertia	20-46
gyropilot	20-46
gyroscope	20-46

H

homing guidance	20-41
-----------------	-------

I

impulse response	20-5
index of quality	20-9
industrial automation	20-24
industrial instrumentation	20-18
information code	20-35
infrared guidance	20-43
input equipment	20-59
input	20-3
integral time	20-21
inter channel interference	20-48

L

laser guidance	20-43
lead code	20-35
line-of-sight course	20-45
line record	20-61

M			
radical telemetry	20-67	predetection recorder	20-62
manipulated variable	20-4	prime commutator	20-53
mathematical model of controlled plant	20-4	prime frame	20-54
maximum principle	20-15	process control	20-16
mechanical synchronization	20-39	process control instrument	20-19
minimum command interval	20-35	program control	20-12
missile control loop and stabilization loop	20-46	program regulation system	20-11
multi-level control system	20-17	program tracking antenna	20-38
multi-loop control system	20-13	programmable telemetry	20-64
multiple modulation	20-59	programmer	20-58
multiplexer	20-53	proportional band	20-21
multi-tone command	20-34	proportional controller	20-20
multivariable system	20-13	proportional-integral controller	20-20
		proportional-integral-derivative controller	20-20
N		proportional-integral-proportional-derivative controller	20-22
navigation observation system	20-37	proportional navigation course	20-45
noise immunity	20-48	pseudo-command	20-35
nonlinear feed-back device	20-22	pseudo noise code	20-57
numerical control	20-16	pulse-code-modulation telemetry system	20-50
numerical controlled machine tool	20-29	pulse modulation	20-51
Nyquist criterion	20-6	pulse system	20-12
		pursuit course	20-44
O			
observation system	20-33	Q	
off line data processing	20-62	quantization	20-52
once command	20-34	quantization error	20-53
on off controller	20-22	quick-look record	20-60
opening code	20-36		
open-loop control	20-10	R	
optimum control	20-15	radar observation system	20-37
oscilloscope photographic record	20-61	radio guidance	20-43
output	20-3	radio proximity fuse	20-43
overshoot	20-10	random disturbance	20-4
		random error	20-49
P		rate gyro	20-46
passive homing guidance	20-42	real-time command	20-34
peak-holding controller	20-22	real time data processing	20-62
pen automatic recorder	20-60	real time data transmission	20-63
petroleum and gas pipeline supervisory system	20-65	real time display	20-63
phase ambiguity	20-59	recovery remote control	20-68
phase error	20-58	reentry phase remote control	20-68
phase path	20-8	re-entry telemetry	20-68
phase trajectory	20-8	regulated variable	20-4
pick-holding control system	20-14	regulating valve	20-23
pilotless aircraft	20-69	regulating variable	20-4
pilotless fighter	20-69	regulator	20-20
pneumo-electrical convertor	20-20	remote control	20-32
point record	20-61	remote control coding	20-35
position gyro	20-46	remote control command	20-33
postboost guidance	20-40	remote control main station	20-33
powered phase guidance	20-40	remote control of electric power system	20-65
		remote control station	20-33

remote control system for distributed plants	20-65	subway remote control system	20-66
remote control target-boat	20-69	summing amplifier	20-51
remote controlled station	20-33	supercommutation	20-53
remote regulating	20-32	supervisory computer control system (SCC)	20-17
remote signalling	20-47	supervisory control system of municipal public enterprises	20-66
response time	20-10	symbol	20-57
root locus	20-8	synchronous code	20-35
S		synchronous tracking antenna	20-38
safety remote control equipment	20-68	synchro-position control	20-68
sampled-data control system	20-12	system error	20-48
sampling	20-52	T	
sampling frequency	20-53	target function	20-15
satellite orbit control	20-68	telemechanics	20-32
saturate record	20-62	telemetry terminal equipment	20-60
scale converter	20-20	telemetry	20-47
scouting aeroplane	20-69	telemetry and data-processing for electrical- power system	20-65
secret code	20-36	telemetry code	20-55
security control on electrical-power system	20-29	telemetry equipment calibration	20-63
self-adaptation command receiving technique	20-40	telemetry observation system	20-37
self-adjusting system	20-14	telemetry parameter	20-47
self contained guidance	20-42	telemetry system	20-47
self learning system	20-16	television observation system	20-37
self-optimizing control	20-15	television transmitter remote control system	20-67
semi-active homing guidance	20-41	terrestrial magnetic guidance	20-43
semi-proportional control	20-22	test encoder	20-37
sensor	20-18, 20-59	thyristor installation	20-23
sensing element	20-18	time-division command synchronization	20-38
sequence controller	20-23	time-division telemetry system	20-50
servo system	20-12	time optimum control system	20-15
set point	20-9	time program command	20-34
set point computer control system (SPC)	20-17	timer	20-64
single tone command	20-34	timing	20-58
sound guidance	20-43	transducer	20-19
space telemetry	20-67	transducer	20-60
special telemetry data processing equipment	20-63	transfer function	20-4
special telemetry data processing language	20-63	transfer machine	20-30
stability	20-6	transient time	20-10
stability criterion	20-6	transmitting instrument	20-19
stability margin	20-7	two-position controller	20-22
static accuracy	20-10	U	
step by step synchronization	20-39	ultra-violet recorder	20-61
stop shutdown control	20-68	unit step response	20-5
stored logic telemetry	20-64	V	
stored program telemetry	20-64	vibrator recording oscilloscope	20-60
sub-bit code	20-36	visual observation system	20-37
subcarrier	20-51	W	
subcarrier demodulator	20-51	wire link guidance	20-42
subcarrier modulator	20-51	word	20-56
subcarrier tracking loop	20-58		
subcommutator	20-53		
subframe	20-54		
sub-frame synchronization code	20-57		